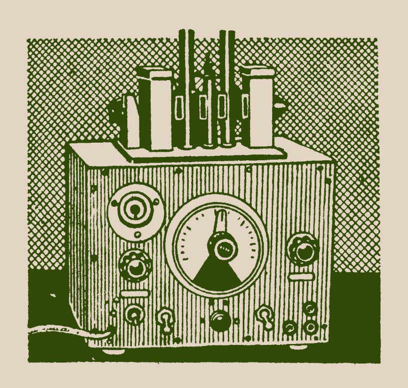


ДЕВЯТАЯ РАДИОВЫСТАВКА

РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

Многотысячный коллектив советских радиолюбителей-конструкторов из года в год неустанно работает над совершенствованием радиотехнической аппаратуры и находит все новые и новые области применения радиотехнических методов в народном хозяйстве СССР.

Успешность деятельности радиолюбителей-конструкторов в области внедрения радиотехнических методов в народное хозяйство характеризуется ежегодным ростом не только количества, но и качества имеющих отраслевой характер экспонатов, демонстрирующихся на регулярно проводимых всесоюзных выставках радиолюбительского творчества.

Это — свидетельство горячего патриотизма советских радиолюбителей, творчески участвующих в социалистическом строительстве нашей страны, их заботы о том, чтобы отечественная техника и промышленность были самыми передовыми в мире.

Участниками проведенной в 1951 г. 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов представлен ряд оригинальных приборов, предназначенных для применения в самых различных отраслях народного хозяйства нашей страны, таких, как геология, металлургия, текстильная промышленность, машиностроение, медицина, транспорт, служба прогноза погоды и т. д

В настоящей брошюре, выпускаемой в двух отдельных частях, приведено описание нескольких, из числа наиболее интересных, экспонатов 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов. Следует отметить, что описанные экспонаты не отражают полностью всего многообразия тематики, над которой работают радиолюбители-конструкторы.

Работы радиолюбителей показывают, что внедрение радиотехнических методов в народное хозяйство во многих случаях позволяет значительно упростить те или иные производственные операции, усовершенствовать технологические процессы производства, улучшить качество выпускаемой продукции, а в ряде случаев решать такие задачи, выполнение которых иными средствами весьма сложно, а в некоторых случаях невозможно.

Советские радиолюбители не мало уже сделали для расширения областей применения радиотехники однако им предстоит еще многое сделать для успешного решения возникающих повседневно вследствие бурного развития техники и промышленности в наши дни все новых и новых задач.

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 167

РАДИОТЕХНИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

Экспонаты 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов

РЕКОМЕНДОВАНО УПРАВЛЕНИЕМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОРГКОМИТЕТА ДОСААФ СССР В КАЧЕСТВЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ-КОНСТРУКТОРОВ ДОСААФ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1953 ЛЕНИНГРАД

Брошюра знакомит читателя с рядом наиболее интересных экспонатов 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов по разделу „Применение радиометодов в народном хозяйстве".

Авторы описанных в брошюре экспонатов за их разработку награждены ценными призами, дипломами и грамотами.

Большинство описанных в брошюре экспонатов может быть изготовлено в радиолюбительских условиях или в условиях радиомастерской.

Брошюра составлена инж. В. Г. Мавродиади по материалам 9-й Всесоюзной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *И. И. Спижевский* Технич. редакторы: *А. М. Фридкин* и *И. М. Скворцов*

Сдано в набор 18/VIII 1952 г. Подписано к печати 11/XII 1952 г.

Бумага $84 \times 108^1/_{32} = 1^1/_4$ бумажн. лист., 4,1 п. л. Уч.-изд. л. 5

Т-08094 Тираж 15 000 экз. Заказ № 3254

Цена 2 р. (номинал по прейскуранту 1952 г.)

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

ИНТЕГРАТОР ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

(Экспонат Г. И. ЛЕСКОВА, г. Бежица)

Интегратор тока и напряжения предназначен для интегрирования (суммирования) кривых тока и напряжения, т. е. для определения величин

$$\int_0^T Idt \quad \text{и} \quad \int_0^T Udt\,.$$

В самом общем случае такой прибор может быть использован для интегрирования дифференциальных уравнений, содержащих производные по времени. Для этой цели на вход прибора нужно подать напряжение, изменение которого во времени отображало бы математическую зависимость, изображаемую подлежащим интегрированию дифференциальным уравнением. Электрическое моделирование различных процессов, т. е. получение напряжений или токов, отображающих какой-либо процесс, не представляет особых затруднений.

В частном случае (без всяких дополнительных устройств) интегратор может быть использован для определения среднего арифметического значения тока и напряжения в цепях переменного тока, а следовательно, и коэффициентов формы кривых напряжений и тока, а также для определения количества протекающего через цепь электричества Q, так как

$$Q = \int_0^T Idt.$$

Известно, что практически кривые тока и напряжения никогда не бывают синусоидальными. Очень часто при питании током таких потребителей, как дуговые сталеплавиль-

ные и флюсоплавильные печи, электрическая сварочная дуга и т. п., кривые токов и напряжений имеют очень малое сходство с синусоидой.

Широко известные электроизмерительные приборы — амперметры, вольтметры, ваттметры, счетчики — показывают эффективные значения тока, напряжения и мощности, которые находятся в строгом соответствии со средними арифметическими значениями тех же величин только при синусоидальных кривых тока и напряжения. Кроме того, точность показаний упомянутых выше приборов сильно зависит от частоты тока. Поэтому с помощью названных приборов невозможно точно измерить ток и напряжение, например в цепях, где протекает сварочный ток, содержащий большой процент высших гармоник.

В целом ряде случаев измерение среднего эффективного значения тока и напряжения, даже при синусоидальной кривой, связано с большими трудностями. Это имеет место в цепях с частыми и быстрыми изменениями амплитудного значения тока и напряжения, например, в цепях электродвигателей с переменной нагрузкой, в цепях сварочных аппаратов и др.

Сконструированные для этой цели регистрирующие амперметры, вольтметры и ваттметры не всегда позволяют точно записать на ленте кривую изменения измеряемых величин. Причиной этому является то, что собственная частота подвижной части (самописцов) этих приборов зачастую оказывается значительно ниже частоты колебания изучаемой величины, в результате чего стрелки приборов не поспевают следовать за ее изменениями.

Даже в тех случаях, когда удается точно записать такие кривые, например шлейфным осциллографом, нужно затратить значительное время на их обработку, так как помимо обычных фотографических процессов—проявления и фиксажа пленки осциллографа — требуется проведение весьма трудоемкой и кропотливой работы по планиметрированию записанной кривой.

Во всех перечисленных ниже случаях интегратор тока и напряжения позволяет произвести необходимые измерения более точно и очень быстро.

Наиболее важными из таких измерений являются:

1) определение среднего арифметического значения тока и напряжения;

2) определение коэффициентов формы кривых тока K_i и напряжения K_u путем сопоставления показаний описы-

ваемого прибора с показаниями обычных приборов для измерения эффективных значений указанных величин, так как

$$K_i = \frac{I_{эф}}{I_{ср}}, \text{ а } K_u = \frac{U_{эф}}{U_{ср}};$$

3) определение количества протекшего через цепь электричества независимо от закона изменения силы тока во времени, т. е. определение величины

$$Q = \int_0^T I dt,$$

и определение интеграла кривой напряжения, т. е. величины

$$\int_0^T U dt;$$

4) планиметрирование кривых тока и напряжения при их синусоидальной форме, т. е. определение величин

$$\int_0^T I_{эф} dt \text{ и } \int_0^T U_{эф} dt.$$

Измерение этих величин имеет большое значение для практических целей.

Необходимо отметить, что все эти измерения могут быть произведены при весьма незначительном потреблении мощности из измеряемой цепи, что допускает применение прибора в весьма слаботочных цепях.

Принцип работы прибора

В описываемом приборе использовано интегрирующее свойство конденсатора.

Известно, что если в цепь тока постоянного направления (фиг. 1) включить конденсатор емкостью C, то напряжение на его обкладках U_C будет в любой момент пропорционально величине заряда Q, накопленного конденсатором, т. е.

$$U_C = \frac{Q}{C}. \tag{1}$$

Величина заряда при постоянной силе тока $I_{пост}$ равна произведению этого тока на время его протекания, а при переменной силе тока I равна интегралу

$$Q = \int_0^T I dt, \tag{2}$$

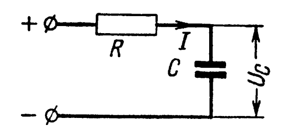
поэтом

$$U_C = \frac{1}{C} \int_0^T I dt. \tag{3}$$

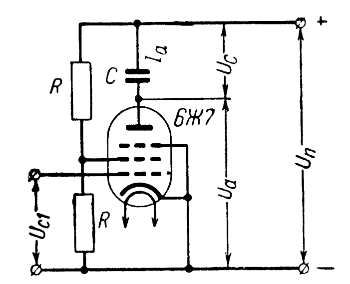
Таким образом, напряжение на конденсаторе является интегралом тока в цепи конденсатора.

Однако использование интегрирующих свойств конденсатора по схеме фиг. 1 невозможно, так как напряжение, возникающее на его обкладках, нарушает режим заряда цепи.

Для использования интегрирующих свойств конденсатора необходимо, чтобы напряжение на его обкладках не влияло на режим зарядного тока, но чтобы ток конденсатора управлялся током или напряжением изучаемой цепи. Выполнение этих условий возможно при применении ламп пентодов.



Фиг. 1. Простейшая интегрирующая ячейка.



Фиг. 2. Простейшая интегрирующая схема с применением пентода.

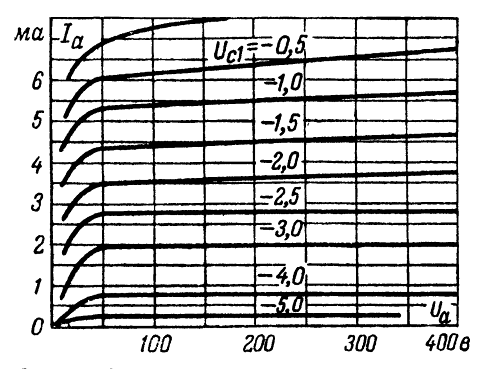
Если собрать прибор по схеме фиг. 2, в которой конденсатор C включен последовательно с пентодом на постоянное напряжение, то повышение напряжения U_C на обкладках конденсатора C до определенных пределов почти не будет влиять на величину анодного тока, являющегося зарядным током конденсатора C. Этот вывод вытекает из рассмотрения анодных характеристик пентода. Такие харак.

теристики для пентода типа 6Ж7 (6J7) * приведены на фиг. 3. Из этих кривых видно, что при уменьшении напряжения на аноде пентода по отношению к катоду от какой-то максимальной величины до 50 *в* сила анодного тока остается почти неизменной.

Как показано на схеме фиг. 2, напряжение U_a на аноде пентода равно разности между напряжением питания U_n и напряжением на конденсаторе U_C, т. е.

$$U_a = U_n - U_C.$$

Следовательно, при U_n, примерно равном 200 *в*, заряд конденсатора от 0 до 150 *в* не вызовет еще заметного изменения зарядного тока I_a конденсатора, так как напряжение



Фиг. 3. Анодные характеристики пентода типа 6Ж7 при U_{c2} =100 *в* и U_{c3} = 0.

на аноде лампы U_a, являющееся разностью U_n и U_C, будет при этом изменяться в пределах от 200 до 50 *в*.

Сила анодного тока пентода зависит от напряжения на его управляющей сетке. Эта зависимость выражается анодно-сеточной характеристикой. У лампы типа 6Ж7 эта характеристика (фиг. 4) на значительном своем протяжении довольно прямолинейна, и так как анодный ток I_a пропорционален напряжению U_{c1} на сетке пентода, то

$$I_a = S \cdot U_{c1}, \qquad (4)$$

где S — крутизна статической характеристики лампы.

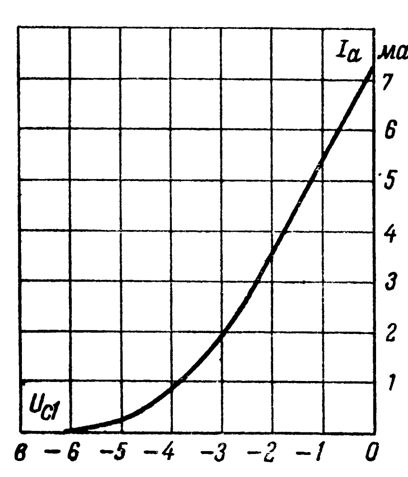
* В связи с введением новых обозначений электровакуумных, электронных и ионных приборов (ГОСТ 5461-50) в этом и в остальных описаниях применены новые обозначения ламп. Для отдельных типов ламп рядом с новым обозначением в скобках указывается старое их обозначение.

Исходя из уравнения (3) и приняв во внимание уравнение (4), получим:

$$U_C = \frac{S}{C}\int_0^T U_{c1}\, dt. \qquad (5)$$

Из этого уравнения следует, что напряжение на конденсаторе U_C пропорционально интегралу кривой напряжения на сетке лампы U_{c1}.

Если сеточную цепь лампы присоединить к источнику подлежащего интегрированию напряжения, то напряжение на конденсаторе и явится величиной этого интеграла, причем оно не влияет ни на режим конденсатора, ни на режим изучаемой цепи.



Фиг. 4. Анодно-сеточная характеристика пентода типа 6Ж7 при $U_a = 200$ *в* и $U = 100$ *в*.

При необходимости интегрирования кривой тока нужно предусмотреть устройства, позволяющие получить напряжения на управляющей сетке лампы, пропорциональные силе изучаемого тока. Этого можно добиться либо при помощи линейных сопротивлений, либо при помощи трансформаторов тока.

Такова в принципе схема интегратора тока и напряжения.

Однако в таком виде она мало пригодна для практического использования, так как:

во-первых, сеточная характеристика лампы недостаточно линейна, и это уменьшает точность прибора;

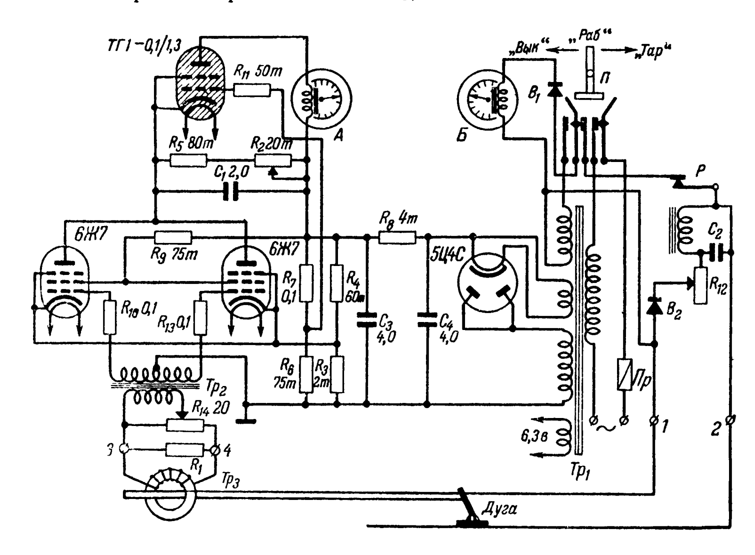
во-вторых, для нормальной работы лампы нужно на ее управляющую сетку подать отрицательное смещение определенной величины;

в-третьих, надо найти такой способ измерения напряжения на конденсаторе, чтобы измерительный прибор не потреблял тока во время зарядки конденсатора C и чтобы при сколько угодно длительном времени интегрирования напряжение на конденсаторе не превышало установленной величины, в противном случае напряжение на аноде лампы

может оказаться меньше 50 *в*, и зарядный ток станет зависеть не только от интегрируемой величины, но и от напряжения на конденсаторе.

Полная схема прибора, пригодная для практического использования, приведена на фиг. 5.

Для улучшения линейности сеточной характеристики применена сильная отрицательная обратная связь, осуществляемая через сопротивление R_3, включенное в цепь катода.



Фиг. 5. Принципиальная схема интегратора тока и напряжения.

Рабочие точки у сеточных характеристик ламп смещены на нижние загибы, для чего на управляющие сетки этих ламп подано с делителя R_3 и R_4 отрицательное напряжение около 6 *в*. Для возможности интегрирования обеих полуволн кривых переменного тока и напряжения применены две лампы 6Ж7, работающие поочередно через каждый полупериод.

Так как в анодной цепи ламп протекает ток даже при значительном отрицательном смещении на их сетках, то это вызывает с течением времени заряд измерительного конденсатора C_1 и при отсутствии внешнего управляющего напряжения на сетках ламп. Это приводит к погрешностям интегрирования. Для устранения этого источника погрешностей измерительный конденсатор C_1 зашунтирован по-

стоянным сопротивлением R_5 в 80 000 *ом* и соединенным с ним последовательно переменным сопротивлением R_2 в 20 000 *ом*. Последнее является одним из органов настройки прибора. Это шунтирующее переменное сопротивление дает возможность устанавливать минимальное напряжение на конденсаторе такой величины, чтобы оно не могло превысить напряжение, обеспечивающее разрядный ток конденсатора, равный начальному анодному току ламп 6Ж7 (6J7).

Устройство для измерения напряжения на конденсаторе C_1 состоит из тиратрона типа ТГ1-0,1/1,3 и электромагнитного счетчика импульсов *А* специальной конструкции, описание которого приведено ниже.

Напряжение конденсатора C_1 подается на анод тиратрона, к сетке которого подводится с делителя $R_6 - R_7$ напряжение около 86 *в* по отношению к корпусу прибора.

Так как катод тиратрона соединен с анодами ламп 6Ж7, то в начальный момент, когда конденсатор еще не заряжен, напряжение на их анодах, а следовательно, и на катоде тиратрона по отношению к корпусу равно напряжению питания, т. е. около +200 *в*. Следовательно, в начальный период сетка тиратрона по отношению к катоду находится под отрицательным напряжением около +200—86= = 114 *в*.

По мере заряда конденсатора C_1 растет напряжение на аноде тиратрона и уменьшается напряжение на анодах ламп, а следовательно, и на катоде тиратрона по отношению к корпусу. Это означает уменьшение отрицательного сеточного напряжения на сетке тиратрона по отношению к его аноду. Происходящее при зарядке конденсатора такое одновременное изменение напряжений на аноде тиратрона, а следовательно, и на его сетке по отношению к аноду приводит к тому, что тиратрон вспыхивает только при вполне определенном напряжении на этом конденсаторе.

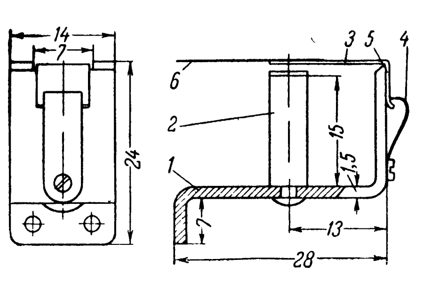
При вспышке тиратрона конденсатор C_1 очень быстро разряжается через обмотку счетчика *А*, указатель которого передвигается на одно деление шкалы.

Отмечая число вспышек тиратрона, счетчик импульсов *А* отсчитывает тем самым, сколько раз напряжение на конденсаторе достигало строго определенной величины — напряжения зажигания тиратрона, которое является определенной частью общего интеграла кривой напряжения, подаваемого на управляющие сетки ламп. Установив цену деления счетчика *А*, интегрирование можно производить сколько угодно долго.

Счетчики импульсов

В приборе применено два счетчика импульсов, один из которых *А* служит для измерения напряжения на измерительном конденсаторе по описанной выше схеме, а второй *Б* — для измерения времени в периодах переменного тока. Конструкция обоих счетчиков совершенно одинакова.

В качестве счетных механизмов лучше использовать механизмы карманных секундомеров, но могут подойти для этой цели механизмы карманных часов. Предпочтительнее использовать секундомеры, потому что они имеют приспособления для установки стрелок на нуль. Кроме того, они дешевле карманных часов.



Фиг. 6. Магнитная система счетчика.

Для наших целей подходят механизмы с неисправными маятниками и их подшипниками. Такие механизмы можно сравнительно дешево приобрести в часовых мастерских. Механизмы должны быть анкерного типа, причем наличие у них камней не обязательно.

Для счетчиков импульсов нужно изготовить электромагниты и несколько дополнительных деталей.

Схематическое устройство электромагнита изображено на фиг. 6. Скоба *1* изготовляется из мягкой полосовой стали толщиной 1,5 ÷ 2 *мм*, а стержень *2* — из мягкой стали прямоугольной формы, наружные его размеры должны совпадать с размерами окна катушки громкоговорителя типа «Рекорд». Якорек *3* делается из тонкой жести (от консервной банки). Пружина *4* изготовляется из фосфористой бронзы или из отожженного лезвия безопасной бритвы.

При сборке электромагнита на его стержень *2* насаживаются одна на другую и надежно закрепляются две катушки громкоговорителя «Рекорд». Для устранения возможности короткого замыкания металлических втулок этих катушек, вредно отражающегося на работе электромагнита, применяется между катушками бумажная прокладка. Катушки должны быть соединены последовательно. Направление витков у обмоток обеих катушек должно быть одинаковое. В противном случае стержень *2* при про-

хождении через катушки тока будет слабо намагничиваться Проверить совпадение направления витков у катушек, уже насаженных на стержень *2*, можно так. Надо включить их в цепь переменного тока с напряжением $10 \div 15$ *в* и затем пробовать подносить к сердечнику (стержню *2*) какой-либо легкий стальной предмет, например патефонную иглу. По силе притяжения иглы можно судить о степени намагничивания стержня *2*. Если окажется, что он плохо намагничивается, надо снять одну из катушек со стержня, повернуть ее другой стороной и вновь надеть на него.

Пружину *4* изменением ее ширины необходимо так отрегулировать, чтобы якорек *3* при включении катушек в цепь переменного тока напряжением $10 \div 15$ *в* непрерывно колебался, как у зуммера. При очень слабой пружине якорек остается неподвижным в притянутом положении, а при слишком жесткой — в оттянутом положении. Чтобы он не прилипал к сердечнику электромагнита, к верхнему концу стержня *2* нужно приклеить кусочек бумаги толщиной около 0,2 *мм.*

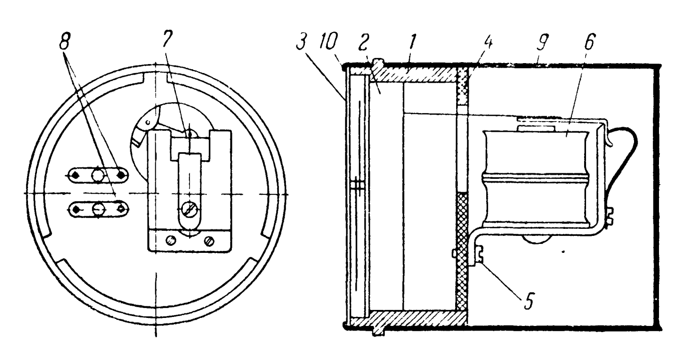
Конец *5* якорька *3* надо загнуть так, чтобы между ним и стержнем *2* оставался просвет шириной около 1 *мм*.

Подобный электромагнит можно сделать и из готового реле подходящих размеров. У него придется лишь удалить контакты, заменить имеющийся якорь более легким и подобрать пружинку. Сопротивление обмотки у реле не должно превышать 500 *ом*, так как при более высоком ее сопротивлении понижается скорость разряда конденсатора C_1.

Этот электромагнит работает так: при каждом импульсе тока через обмотку электромагнита его якорь притягивается, а при исчезновении тока — возвращается пружинкой *4* в исходное положение. Таким образом, число таких притяжений якоря может учитываться механизмом от часов. Для этой цели якорь реле должен быть соединен с анкерной вилкой часового механизма. Чтобы устранить сильное механическое воздействие якоря на эту вилку, последняя связывается с ним при помощи тонкой стальной проволочки (струны) *6* диаметром $0,1 \div 0,2$ *мм*. Одним концом эта проволочка припаивается к якорю электромагнита, а другим пропускается в отверстие, проделанное в кусочке медной фольги, припаянной к концу анкерной вилки.

Схема соединения электромагнита с часовым механизмом показана на фиг. 7. На этой фигуре цифрой *1* обозначено металлическое кольцо, в которое с левой стороны вставляется часовой механизм *2*. Он утоплен внутрь кольца

настолько, чтобы стрелки его не задевали за стекло *3*, опирающееся на край названного кольца. С другой стороны этого кольца на трех шипах укреплена пластинка *4* из текстолита или гетинакса. Винтами *5* к ней прикреплен электромагнит *6*, струна, соединяющая его якорь с вилкой *7* механизма часов, проходит через отверстие в пластинке *4*. К пластинке прикреплены также лепестки *8*, служащие для подключения к обмотке электромагнита проводников цепи тока. Для предохранения счетчика импульсов от пыли он



Фиг. 7. Схема соединения магнитной системы с часовым механизмом счетчика.

прикрывается жестяным чехлом *9*. Переднее стекло удерживается венчиком *10*, сделанным из жести с отбортованными внутрь кромками.

При регулировке счетчика импульсов струну можно подгибать вверх или вниз настолько, чтобы при колебании якоря электромагнита анкерная вилка часов надежно перебрасывалась из одного крайнего положения в другое. Правильно отрегулированный счетчик может отсчитывать до 80 импульсов в секунду.

Второй счетчик *Б* служит для определения времени интегрирования в периодах переменного тока. Он подключается к источнику переменного тока через селеновый выпрямитель B_1 (фиг. 5) и поэтому якорь его электромагнита притягивается 50 раз в секунду. Большинство часовых механизмов, секундомеров и карманных часов (ЗИМ, завода им. Кирова) рассчитано так, что их секундная стрелка совершает один оборот за 150 полных перебрасываний анкерной вилки. Следовательно, при питании обмотки электромагнита от сети переменного тока с частотой 50 *гц* через однополупериодный выпрямитель секундная стрелка счетчика *Б* будет

совершать полный оборот за (150 : 50) 3 сек. Она учитывает время с точностью до 0,02 сек., определяемое длительностью одного периода переменного тока.

Выпрямитель B_1 собран из трех последовательно соединенных селеновых шайб диаметром 6 *мм.*

Счетчик *Б* при помощи переключателя *П* может подключаться либо к внешнему источнику переменного тока (при установке ручки переключателя в положение «*Раб*» — работа), либо к специальной обмотке силового трансформатора прибора (при установке ручки переключателя в положение «*Тар*» — тарировка).

Для выключения прибора ручку переключателя *П* надо поставить в положение «*Вык*» (выключен).

Для подключения счетчика *Б* к внешнему источнику напряжения служат зажимы *1* и *2*.

На фиг. 5 приведена схема подключения счетчика *Б* при определении времени горения сварочной дуги. Для устранения отсчетов времени при холостом ходе сварочного трансформатора $Тр_3$ счетчик *Б* подключен к вторичному его напряжению через контакт реле *Р*. Это реле отрегулировано так, чтобы оно срабатывало при напряжении на зажимах *1* и *2* примерно около 50 *в*. В этом случае при обрыве дуги реле *Р* сразу же отключает счетчик *Б* от напряжения сварочного трансформатора. В качестве реле *Р* может быть использовано любое телефонное реле постоянного тока. Для устранения возникающей при питании от сети переменного тока вибрации якоря обмотка реле включается через селеновый выпрямитель B_2 и шунтируется конденсатором постоянной емкости C_2. Данные селенового выпрямителя B_2 зависят от типа примененного реле *Р*. В нашем случае они аналогичны данным, приведенным для выпрямителя B_1.

Питание интегрирующей части прибора осуществляется от выпрямителя, состоящего из силового трансформатора $Тр_1$, кенотрона 5Ц4С, конденсаторов фильтра C_3 и C_4 по 4 *мкф* каждый и сопротивления R_8 в 4 000 *ом*.

Выпрямитель должен давать выпрямленное напряжение 200 ÷ 250 *в* при токе около 20 *ма*. Он может быть собран по любой схеме, так как никаких особых требований к нему не предъявляется. Силовой трансформатор мощностью 30 ÷ 50 *вт* может быть взят от любого радиоприемника, рассчитанного на применение ламп с напряжением накала 6,3 *в*. Нити накала ламп 6Ж7 и тиратрона ТГ1-0,1/1,3 питаются от одной и той же обмотки.

Для питания счетчика времени *Б* на силовом трансформаторе Tp_2 нужно намотать дополнительную обмотку проводом ПЭ 0,15 ÷ 0,2 *мм* с таким расчетом, чтобы она давала напряжение 10 ÷ 30 *в*.

Входные цепи прибора

Входные цепи прибора собираются в зависимости от их назначения по-разному. Вход, изображенный на фиг. 5, собран для использования прибора в качестве интегратора сварочного тока дуги. Он состоит из трансформатора тока Tp_3, вторичная обмотка которого шунтирована сопротивлением R_1. Величина этого сопротивления определяется по паспорту трансформатора. Известно, что напряжение на закорачивающем сопротивлении R_1 пропорционально силе тока, протекающего через первичные витки трансформатора. Это напряжение подается на входные зажимы *3* и *4* интегрирующей части прибора и попадает на концы потенциометра R_{14}. Ручка потенциометра служит вторым органом управления прибором; ее назначение — изменение цены деления интегрирующего счетчика *А*.

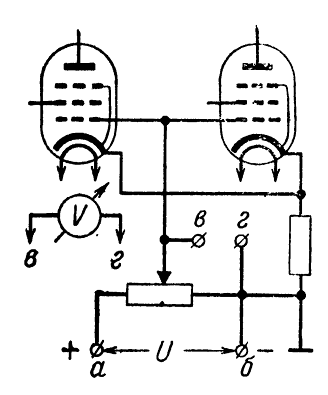
Напряжение, снимаемое с потенциометра R_{14}, трансформируется двухтактным трансформатором Tp_2 и подается на управляющие сетки ламп 6Ж7. В качестве трансформатора Tp_2 может быть взят любой выходной трансформатор от двухтактного усилителя низкой частоты радиоприемника.

В случае самостоятельного изготовления этого трансформатора можно воспользоваться следующими данными: сердечник из пластин Ш-16, толщина набора 12 *мм*, первичная обмотка из 100 витков провода ПЭ 0,1, вторичная обмотка из 4 000 витков провода ПЭ 0,07 с отводом от средней точки.

При необходимости интегрировать какое-либо напряжение переменного тока его надо предварительно снизить при помощи какого-либо устройства (потенциометра или трансформатора) до уровня не выше 4 *в*, а затем подать на входные зажимы *3* и *4*. Если подлежащее интегрированию напряжение мало и не превышает 0,1 *в*, его надо предварительно повысить до величины 0,1 ÷ 4 *в*.

Для интегрирования кривой напряжения *U* постоянного направления входные цепи должны быть собраны по схеме фиг. 8. Интегрируемое напряжение в этом случае подводится к зажимам *а* и *б*. Минус этого напряжения должен быть подключен к зажиму *б*, соединенному с корпусом прибора.

В случае необходимости интегрирования кривых высокочастотных токов и напряжений трансформатор Tp_2 низкой частоты должен быть заменен высокочастотным трансформатором.



Фиг. 8. Схема входных цепей прибора при интегрировании напряжения постоянного направления, а также при снятии характеристики.

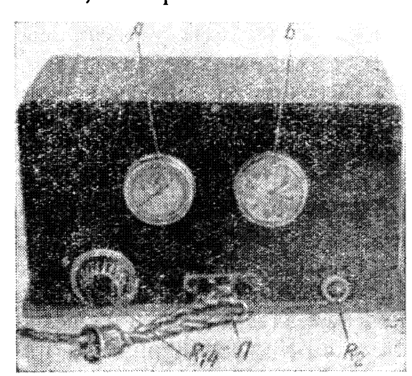
Конструктивное оформление прибора

Прибор может быть смонтирован на любом подходящем шасси Особых требований к экранировке деталей этого прибора не возникает.

Автор выполнил этот прибор на угловом шасси; размеры горизонтальной его панели 110×240 *мм* и высота 43 *мм*, вертикальная передняя панель имеет размеры 170×265 *мм*.

Расположение радиодеталей и монтаж прибора показаны на фиг. 9 и 10.

Горизонтальная часть углового шасси выполнена из алюминия, а вертикальная — из изоляционного (любого) материала. Задний щиток, на котором расположены зажимы *1, 2, 3* и *4*, изготовлен из текстолита.

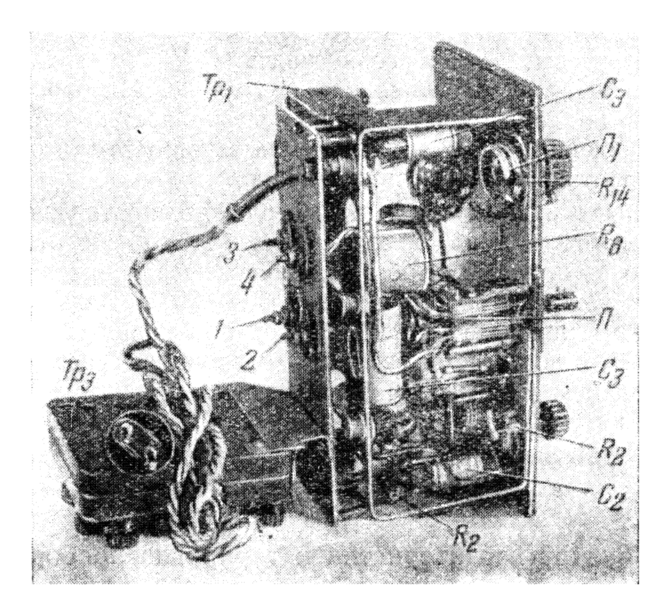


Фиг. 9. Общий вид интегратора тока и напряжения.

На передней стенке шасси укреплены оба счетчика *А* и *Б* (фиг. 9), переменное сопротивление R_2 и потенциометр R_{14}. Между ними расположен переключатель *П*. Ручка потенциометра R_{14} расположена слева; желательно, чтобы она имела стопор, который необходим для жесткого закрепления ручки потенциометра в положении, установленном при тарировке цены деления счетчика *А*.

На горизонтальном шасси расположен силовой трансформатор, лампы, тиратрон, реле *Р* и измерительный кон-

денсатор C_1. Этот конденсатор обязательно должен быть бумажным, желательно герметизированным, с высоким сопротивлением изоляции. Его нужно расположить подальше от нагревающихся деталей прибора.



Фиг. 10. Вид расположения деталей и монтажа с нижней стороны интегратора тока и напряжения.

Шасси прибора вставляется в ящик и крепится шурупами.

Настройка прибора

После окончания монтажа прибора нужно сначала удостовериться, что выпрямитель дает напряжение не ниже 200 *в*, а затем уже приступать к настройке.

Прежде всего надо подобрать отрицательное смещение на сетках ламп. Меняя величину сопротивления R_3, нужно добиться, чтобы напряжение на его концах при замере вольтметром, имеющим сопротивление порядка 5 000 *ом* на 1 *в*, было не менее 5 *в* при вынутых из панелей лампах 6Ж7. Далее необходимо подогнать сопротивление цепи, шунтирующей измерительный конденсатор C_1. Величина

сопротивления R_5 должна быть такой, чтобы при отсутствии напряжения на входе интегрирующей части прибора (зажимы *3* и *4*) действие счетчика *А* прекращалось примерно при среднем положении ручки сопротивления R_2.

Если же счетчик продолжает давать отсчеты даже при полностью выведенном сопротивлении R_2, то это служит признаком, что сопротивление R_5 велико. Наоборот, если счетчик не дает отсчетов даже при полностью введенном сопротивлении R_2, то это свидетельствует о том, что значение сопротивления R_5 слишком мало.

Дальше нужно подобрать величину сопротивления R_{12}, включенного в цепь обмотки реле *Р*. Это сопротивление должно быть таким, чтобы реле срабатывало при напряжении на зажимах *1* и *2* порядка $50 \div 55$ *в*. Важно, чтобы электромагнит реле отпускал якорь при напряжении $48 \div 53$ *в*. Это достигается изменением толщины немагнитной прокладки между якорем реле и электромагнитом (сердечником катушки).

На этом заканчивается настройка прибора.

Снятие характеристик и тарировка прибора

Пользующемуся прибором всегда интересно и необходимо знать точность его показаний, а также цену деления счетчика *А*. Первое определяется путем снятия характеристики прибора, а второе — его тарировкой.

Схема входа для снятия характеристики прибора аналогична схеме, применяемой для интегрирования напряжений постоянного направления и уже описанной ранее (фиг. 8).

Быстро осуществить такую схему можно, включив прибор в сеть, сняв колпачки с контактов ламп 6Ж7 и подав на сетки с отдельного потенциометра регулируемое постоянное напряжение. Источником напряжения может быть сухая батарея или аккумулятор. Подключение источника напряжения к крайним точкам потенциометра осуществляется с помощью выключателя.

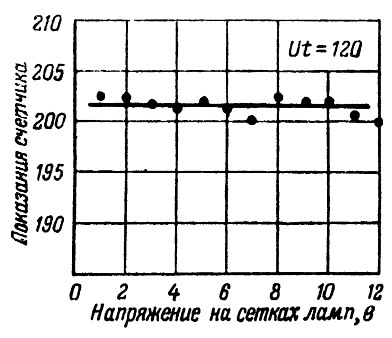
Теперь, когда все подготовлено, задаются каким-нибудь постоянным числом вольтсекунд, подаваемых на сетки ламп, и составляют табличку значений времени для различных подаваемых на сетки ламп напряжений.

Зададимся, например, числом вольтсекунд $Ut = 120$.

Если напряжение на сетках равно 1 *в*, то время включения должно быть:

$$t = \frac{120}{U} = \frac{120}{1} = 120 \text{ сек.}$$

Одновременно, замкнув выключатель и установив переключатель *П* (фиг. 5) в положение «*Тар*», наблюдаем за счетчиками, стрелки которых начнут вращаться. Счетчик *Б* будет показывать время подключения напряжения к сеткам ламп и поэтому сосредоточим внимание на нем. Через 120 сек. надо быстро разомкнуть выключатель *В*, а переключатель *П* перевести в положение «*Раб*» и записать, на каком делении остановилась стрелка счетчика *А*.



Фиг. 11. Характеристика собранного интегратора.

Повысив напряжение на сетках ламп до 2 *в* и замкнув выключателем *В*, как и в первом случае, цепь аккумулятора на

$$t = \frac{120}{2} = 60 \text{ сек.},$$

надо снова записать, на каком делении остановилась стрелка счетчика *А*. То же самое надо сделать, подав на сетки напряжение 3 *в* и выдержав его 40 сек., 4 *в* — на 30 сек., 5 *в* — на 24 сек., 6 *в* — на 20 сек. и т. д., т. е. так включать и выключать прибор, чтобы на сетках всегда было выдержано 120 *всек*. Каждый раз при этом следует записывать показания счетчика *А*.

Идеальным случаем было бы полное совпадение всех показаний счетчика *А*. В действительности будет иметь место небольшой разброс показаний.

По данным напряжений на сетках и показаний счетчика *А* при постоянстве сеточных вольтсекунд строится характеристика прибора (фиг. 11). Разброс показаний счетчика *А* составляет при различных, но не превышающих 12 *в*, напряжениях на сетках ламп примерно $\pm$ 1%.

Колебания напряжения сети в пределах 200 ÷ 220 *в* при выбранном режиме тиратрона не вызывают заметных изме-

нений показаний счетчика A при постоянстве сеточных вольтсекунд. Это объясняется тем, что понижение напряжения сети вызывает уменьшение напряжения на экранирующих сетках ламп и, следовательно, уменьшение скорости заряда измерительного конденсатора C_1. Это уменьшение скорости заряда C_1 компенсируется одновременным уменьшением сеточного напряжения тиратрона, а следовательно, и более низким напряжением его зажигания (т. е. одновременно и увеличением числа зажиганий тиратрона и числа отметок счетчика A).

Другими словами, если понижение скорости заряда конденсатора C_1 приводит к тому, что для достижения прежнего напряжения, соответствующего напряжению зажигания тиратрона, необходимо увеличить число вольтсекунд на сетке, например, за счет времени, то понижение напряжения зажигания тиратрона требует для каждой его вспышки, наоборот, понижения сеточных вольтсекунд. В результате такого суммарного действия обоих факторов для получения вспышки тиратрона нужно более или менее постоянное число вольтсекунд на сетке при изменении напряжения питания схемы.

В связи с тем, что лампы прибора, тиратрон и другие детали работают без перегрузок, они почти не нагреваются. Длительность включения прибора поэтому почти не сказывается на точности его работы. Перед началом работы прибор полезно включить заблаговременно, за 5 ÷ 10 мин., так как в процессе его разогревания может временно понизиться точность показаний.

Если снятие характеристики прибора происходило с отключенной входной цепью, то тарировку прибора нужно производить вместе с ней. При тарировке исходят из условия, что интеграл постоянной величины, действующей в период определенного времени, равен произведению этой величины на время ее действия.

Так, например, если прибор предназначен для интегрирования кривой сварочного тока и используются входные цепи, изображенные на фиг. 5, для тарировки нужно электрод надежно закоротить на изделие, в цепь сварочного тока включить амперметр и затем, одновременно включив сварочный ток и переведя переключатель *П* в положение «*Тар*», наблюдать за силой сварочного тока по амперметру и счетчику *Б*. Через 10 ÷ 20 сек., наблюдаемых по счетчику *Б*, цепь тока размыкают, отчего счетчик *А* останавливается.

По произведению силы тока (указываемой амперметром) на время его включения определяем эффективные амперчасы, протекшие через цепь. Считая ток синусоидальным, разделив полученное произведение на коэффициент формы синусоидальной кривой, равный 1,11, мы получим среднеарифметические амперчасы (или амперсекунды, т. е. кулоны), прошедшие сварочную цепь. Сравнивая их с показаниями счетчика A, определяем цену деления счетчика. Так, например, если по подсчету через цепь прошло 3 среднеарифметических амперчаса, а стрелка счетчика A передвинулась при этом на 220 делений, то цена деления будет:

$$\frac{3}{220} = 0{,}0136 \text{ } ач.$$

Вращая ручку потенциометра R_{14}, можно добиться изменения цены деления. Желательно в результате нескольких попыток найти такое положение ручки, чтобы цена деления была удобна для расчетов, например 0,01 или 0,005 *ач* на 1 деление и т. д. В таком положении ручку потенциометра надо закрепить стопором.

Если прибор настраивается на планиметрирование кривой эффективной силы тока, то полученное произведение показаний амперметра на время прохождения тока не надо делить на 1,11, т. е. не надо производить перевод в среднеарифметические амперчасы. В этом случае определять цену деления счетчика A следует в эффективных амперчасах.

Надо отметить, что необходимая точность планиметрирования будет обеспечена только тогда, когда кривая тока не меняет своей формы с течением времени.

Порядок работы с прибором

При работе с прибором желательно придерживаться следующего порядка:

1. Завести пружины механизмов секундомеров. Полностью заведенная пружина счетчика A обеспечивает отсчет 250 000 импульсов, а весь завод пружины счетчика $Б$ хватает на 72 мин. непрерывной его работы.

2. Включить вилку прибора в сеть и повернуть ручку переключателя $П$ в положение «*Раб*».

3. Ввести полностью сопротивление R_2 (поворотом его ручки вправо по часовой стрелке до отказа). Если стрелка счетчика A начнет в каждые $2 \div 3$ *сек* передвигаться на

одно деление шкалы, то это будет указывать на исправность прибора. При медленном вращении той же ручки в обратную сторону пощелкивания счетчика будут становиться все более и более редкими и, наконец, совсем прекратятся. В этом положении следует оставить ручку.

4. Нажать кнопки обоих счетчиков для установления стрелок на нуль.

5. Включить ток в интегрируемую цепь. Счетчик *А* произведет интегрирование необходимой величины, а счетчик *Б* отсчитает время интегрирования.

Средние значения интегрируемых величин могут быть найдены как отношения интегралов этих величин ко времени интегрирования, т. е.

$$I_{cp} = \frac{\int_0^T I dt}{T} \text{ и } U_{cp} = \frac{\int_0^T U dt}{T}.$$

ЛАМПОВЫЙ ХРОНАКСИМЕТР

(Экспонат В. Я. ЭСКИНА, г. Фрунзе)

При конструировании хронаксиметра автор преследовал цель создания портативного, достаточно точного в работе, простого по устройству прибора, способного заменить громоздкие и дорогие модели конденсаторных хронаксиметров, применяемых в настоящее время в клинической и лабораторной практике медицинских учреждений.

Назначение аппарата и область его применения

Хронаксиметр предназначен для определения возбудимости нервов и мышц, для исследования функционального состояния периферических нервных стволов, нервных волокон, органов чувств, а также косвенным путем и нервных центров.

Аппарат позволяет измерять две величины, а именно — реобазу и хронаксию, которыми в настоящее время в медицине принято характеризовать состояние возбудимости нервов.

Реобаза измеряется в миллиамперах и характеризуется минимальной величиной силы тока, которая при длительном замыкании цепи исследуемого объекта вызывает порог сокращения нервов (или мышц).

Хронаксия измеряется в долях секунды и характеризуется минимальной длительностью импульса тока, которая при двойной амплитуде силы тока по сравнению с реобазой вызывает порог сокращения нервов (или мышц).

Измерение реобазы и хронаксии широко применяется с целью диагностики в невропатологии, психиатрии, а в настоящее время находит все большее применение и в ряде других разделов медицинской науки.

Характеристика аппарата и его особенности

Описываемый прибор (фиг. 12) является в принципе усилителем постоянного тока. Он позволяет получать в цепи исследуемого объекта как импульсы постоянного тока, произвольно ограниченные по длительности, дозируемые по силе тока и предназначенные для определения реобазы, так и импульсы удвоенной силы тока по сравнению с силой тока реобазы, дозируемые по времени и предназначенные для определения хронаксии.

Дозировка времени в обычных конденсаторных хронаксиметрах осуществляется путем разряда на исследуемый объект предварительно заряженного до напряжения U конденсатора C определенной емкости. Время разряда конденсатора C до напряжения U_t на сопротивление объекта R определяется по формуле

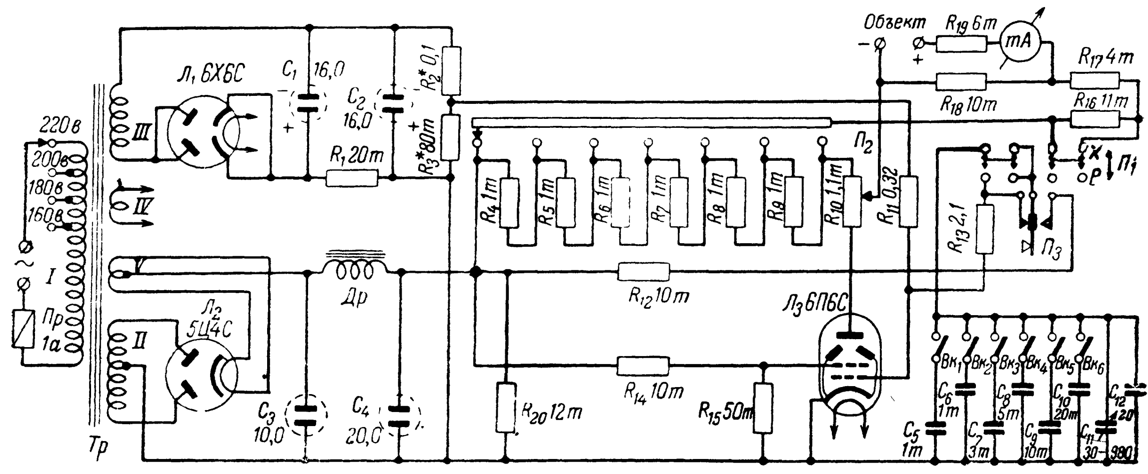
$$t = CR \ln n,$$

где t — время разряда конденсатора до $1/n$ от первоначального его напряжения U, т. е. до напряжения U_t, *сек.*;
C — емкость конденсатора, *ф*;
R — сопротивление объекта, *ом*;
n — число, показывающее, во сколько раз начальное напряжение конденсатора U уменьшается за время t, т. е. является отношением U/U_t;
ln — натуральный логарифм.

Для физиологических нагрузок R (каковой является тело человека) эта формула принимает вид:

$$t = CR0{,}4,$$

где 0,4 — коэффициент, эмпирически полученный рядом исследователей.



Фиг. 12. Принципиальная схема лампового хронаксиметра (величины сопротивлений, отмеченных знаком *, подбираются).

Исходя из этой формулы, для получения необходимых в клинической практике импульсов, длящихся от сотых долей до 40 *мсек*, при сопротивлении объекта, составляющем примерно около 10 *ком*, емкость набора конденсаторов должна изменяться в пределах от 0,001 до 10 *мкф*. Такой набор конденсаторов при условии обеспечения точности и стабильности емкостей, а также минимальных утечек, довольно громоздок и дорог.

Естественно, что для уменьшения емкости конденсатора, необходимой для создания импульса определенной длительности, следует каким-то способом увеличить сопротивление, на которое происходит разряд. Это осуществлено автором следующим образом: в данной схеме разряд конденсатора происходит не непосредственно на исследуемый объект, а на сопротивление порядка 2,5 *мгом* $(R_{13} + R_{11} + R_3)$, включенное в цепь управляющей сетки лампы $Л_3$. Этим путем достигнуто, во-первых, уменьшение общей емкости конденсаторов примерно в 250 раз и, во-вторых, независимость времени разряда от сопротивления исследуемого объекта.

Основные параметры прибора

При определении гальванического порога (реобазы) прибор дает возможность получать напряжение от 0 до 100 *в*, а при измерении хронаксии — получать импульсы любой длительности в диапазоне от 0,05 до 21 *мсек*. С помощью переменного конденсатора C_{11} имеется возможность плавно перекрывать поддиапазоны от 0,05 до 1 *мсек*, от 1,05 до 2 *мсек*, от 2,05 до 3 *мсек* и т. д. (всего 41 поддиапазон).

Данные длительности импульсов, обеспечиваемые разрядом каждого из конденсаторов $C_5 \div C_{12}$, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Обозначение конденсатора в схеме	Емкость, *пф*	Время разряда (длительность импульса), *мсек*
C_5	1 000	1
C_6	1 000	1
C_7	3 000	3
C_8	5 000	5
C_9	10 000	10
C_{10}	20 000	20
C_{11}	30÷980	0,03÷0,98
C_{12}	20	0,02

Конденсаторы C_{11} и C_{12} участвуют в работе при переключении прибора на любой из 41 поддиапазонов, причем на первом поддиапазоне используются они самостоятельно, а на остальных поддиапазонах — в различных сочетаниях

с конденсаторами $C_5 \div C_{10}$, подключаемыми параллельно к ним с помощью выключателей $Вк_1 \div Вк_6$ (либо по одному, либо группами).

При подключении к конденсаторам C_{11} и C_{12} одновременно нескольких дополнительных конденсаторов длительность получаемого минимального и максимального импульсов, характеризующих перекрываемый диапазон, будет определяться суммой длительностей импульсов, приведенных в табл. 1 для участвующих в работе схемы конденсаторов. Таким образом, при определении нижней границы поддиапазона, т. е. минимального по длительности импульса, в число слагаемых должна входить минимальная длительность импульса, создаваемого конденсатором C_{11}, а при определении верхней границы поддиапазона, т. е. максимального по длительности импульса, наоборот,— максимальная длительность импульса, создаваемого этим конденсатором при полностью введенных его подвижных пластинах.

Принцип работы прибора

Питание прибора осуществляется полностью от сети переменного тока. Схема его (фиг. 12) состоит из одного усилительного каскада, собранного на лампе типа 6П6С (6V6), и двух кенотронных выпрямителей. Выпрямитель с кенотроном типа 5Ц4С предназначается для питания анодной цепи усилительного каскада, а другой — с лампой типа 6Х6С (6Х6М) — служит для подачи отрицательного смещения для запирания лампы усилительного каскада.

В приборе автоматическое смещение не применено с целью избежания влияния анодного тока лампы $Л_3$ на величину отрицательного напряжения на ее сетке.

Порядок пользования описываемым прибором следующий:

1. При измерении реобазы (гальванического порога) переключатель $П_1$ устанавливается в положение P (реобаза). Нажатием кнопки переключателя $П_3$ подается на сетку лампы $Л_3$ положительное напряжение, в результате чего эта лампа отпирается и через нее начинает протекать ток, создающий падение напряжения на анодной нагрузке R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9 и R_{10} порядка 200 *в*. Это напряжение частично или полностью посылается в цепь исследуемого объекта. Грубая регулировка напряжения осуществляется переключателем $П_2$, а плавная — переменным сопротивлением R_{10}. Цепь исследуемого объекта состоит из сопротивлений R_{16}, R_{17}, R_{18} и R_{19} и миллиамперметра на два предела измере-

ния — 6 и 1,5 *ма*. Сопротивления R_{17}, R_{18} и R_{19} предназначены для сохранения постоянства величины анодной нагрузки, т. е. для исключения зависимости ее от изменяющегося по величине в довольно больших пределах сопротивления исследуемого объекта. Так, при изменении сопротивления объекта от 5 до 25 *ком*, т. е. в 5 раз, общее сопротивление цепи изменяется в пределах от 9,25 до 11,6 *ком*, т. е. приблизительно в пределах $\pm$10% от среднего его значения — 10 *ком*. Сопротивление R_{16} предназначено для гашения половины напряжения, подаваемого в цепь исследуемого объекта при измерении реобазы, или, что то же,— для удвоения напряжения при закорачивании этого сопротивления переключателем $П_1$ во время перехода на измерение хронаксии.

2. При измерении хронаксии (после того как определена реобаза) переключатель $П_1$ переводится в положение *X* (хронаксия). При этом закорачивается сопротивление R_{16}, а набор конденсаторов $C_5 \div C_{12}$ подключается к средней пластине переключателя $П_3$ (конденсаторы $C_5 \div C_{10}$ подключаются через выключатели $Вк_1 \div Вк_6$). При нажатии кнопки переключателя $П_3$ конденсаторы заряжаются, а при отжатии ее — разряжаются на сопротивления $R_{13} + R_{11} + R_3$. Получающийся при этом импульс положительного напряжения на сетке лампы $Л_3$ отпирает последнюю на время t, величина которого зависит от емкости набора конденсаторов, подключенных к конденсаторам C_{11} и C_{12}. Методика определения хронаксии обычная — определяется минимальное время прохождения тока, которое необходимо для того, чтобы вызвать возбуждение нерва (или мышцы).

Режим работы

Напряжение на выходе основного выпрямителя, работающего с кенотроном типа 5Ц4С, должно быть 360 *в*, напряжение на аноде лампы $Л_3$ при установке переключателя $П_1$ в положение *P* и при ненажатой кнопке переключателя $П_3$ должно быть 360 *в*, а при нажатой кнопке — 160 *в*.

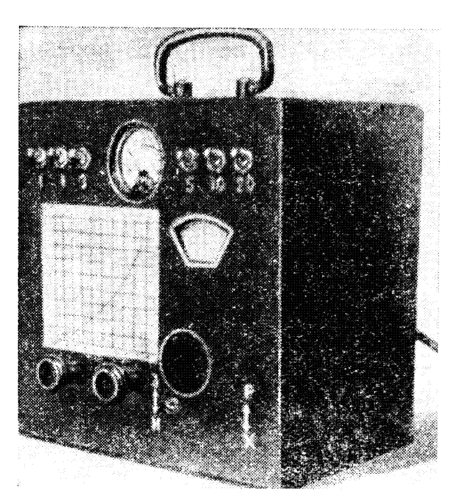
Отрицательное напряжение смещения, подаваемое на управляющую сетку лампы $Л_3$, устанавливается опытным путем, подбором величины сопротивлений R_2 и R_3 с таким расчетом, чтобы эта лампа была полностью заперта (ток в анодной цепи при этом равен нулю).

Напряжение на сопротивлениях R_2 и R_3, создаваемое током выпрямителя смещения, должно быть равно 100 *в*.

Конструкция и детали прибора

Прибор (фиг. 13) собран на шасси размерами $200 \times \times 60 \times 60$ *мм*. В случае применения металлического шасси минус высокого напряжения не соединяется с его корпусом и шасси не заземляется потому, что накладываемые на исследуемый объект электроды находятся в цепи плюса высокого напряжения.

В приборе применено четыре электролитических конденсатора, из них C_1 и C_2 — емкостью по 16 *мкф* каждый, C_3 — 10 *мкф* и C_4 — 20 *мкф*. Все они рассчитаны на рабочее напряжение 250 *в*.



Фиг. 13. Общий вид лампового хронаксиметра.

Конденсаторы $C_5 \div C_{10}$ должны быть обязательно слюдяные с допуском по емкости не выше $\pm 5\%$. Конденсатор C_{12} тикондовый, с отрицательным температурным коэффициентом емкости. Для точной регулировки длительности импульсов применен переменный конденсатор с воздушным диэлектриком C_{11}, в качестве которого используется сдвоенный блок конденсаторов, применяемый в радиовещательных приемниках. Общая емкость C_{11} изменяется в пределах $30 \div 980$ *мкмкф*.

В приборе применены сопротивления в основном типа ВС. Данные их указаны на фиг. 12. По допустимой рассеиваемой мощности сопротивления должны иметь следующие номиналы: $R_1 \div R_3$, R_{11} и R_{13} — по 0,5 *вт*, $R_4 \div R_9$ и $R_{14} \div R_{19}$ — по 2 *вт* каждое

Сопротивление R_{12} должно быть рассчитано на мощность $2 \div 5$ *вт*. Оно выполняет роль ограничивающей ток нагрузки на случай короткого замыкания пластин переменного конденсатора C_{11} и может быть заменено предохранителем на силу тока 0,25 *а*. Сопротивление R_{10} — переменное, проволочное, любого типа. Для образования некоторой постоянной нагрузки выпрямителя применено проволочное остеклованное сопротивление R_{20} мощностью 15 *вт*.

Силовой трансформатор Tp самодельный. Выполнен он на сердечнике из Г-образных пластин трансформаторной стали; сечение керна 10 *см*². Данные обмоток этого трансформатора приведены в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение обмоток в схеме	Назначение обмотки	Напряжение, *в*	Число витков	Диаметр и марка провода
I	Сетевая . . .	160+20+20+20	880+110+110+110	ПЭ 0,4
II	Повышающая .	360×2	2 000×2	ПЭ 0,18
III	Повышающая .	100	550	ПЭ 0,1
IV	Накал ламп . .	6,3	35	ПЭ 0,64
V	Накал кенотрона	5	27	ПЭ 1,0

Дроссель $Дp$ фильтра индуктивностью порядка 10 *гн* имеет следующие данные: сердечник из пластин типа Ш-19, сечение керна 3,6 *см*², воздушный зазор в сердечнике 0,3 *мм*, обмотка содержит 3 800 витков провода ПЭ 0,2.

Переключатель $П_2$ — любой конструкции на семь положений, а $П_3$ изготовлен из пластин коммутаторного ключа. Его пластины сделаны из фосфористой бронзы и снабжены серебряными контактами. Средняя пластина длиннее крайних и на конце ее сделана головка (кнопка) из органического стекла. Друг от друга и от стягивающих винтов пластины переключателя $П_3$ изолированы слюдяными прокладками. Большое значение имеет бесшумность работы этого переключателя, так как у исследуемого объекта после первых же измерений вырабатывается условный рефлекс на «стук» переключателя, мешающий получать верные результаты.

Особое внимание при монтаже прибора необходимо обратить на качество изоляции сеточной цепи лампы $Л_3$. Утечка в этой цепи может сильно изменить время разряда конденсаторов и тем самым снизить точность измерений. Поэтому конденсаторы $C_5 \div C_{12}$ должны быть высококачественными, стабильными и обладающими минимальной утечкой (не менее 100 *мгом* при параллельном соединении всего набора).

Такие же требования по качеству изоляции предъявляются и к выключателям $Вк_1 \div Вк_6$ и к переключателям $П_1$ и $П_3$. При монтаже этой цепи следует избегать приме-

нения опорных стоек. Вся эта цепь должна быть укреплена так, чтобы она висела в пространстве, не соприкасаясь с шасси.

Регулировка и градуировка прибора

Регулировка прибора сводится в основном к подбору отрицательного смещения на сетке лампы $Л_3$. Это достигается, как уже упоминалось, подгонкой величин сопротивлений R_2 и R_3. Индикатором при этом служит миллиамперметр, который необходимо включить в анодную цепь лампы $Л_3$.

Точная градуировка длительности импульсов может быть осуществлена путем сравнения показаний данного прибора с фабричным хронаксиметром, либо с помощью катодного осциллографа. Ориентировочная градуировка прибора может быть произведена по приведенной выше формуле.

Испытания лампового хронаксиметра в клинике нервных болезней Киргизского государственного медицинского института показали его полную пригодность для практического использования и хорошие эксплуатационные качества.

ИОНИЗАЦИОННЫЙ МАНОМЕТР

(Экспонат А. Я. ХАЙТОВИЧА, г. Киев)

Ионизационный манометр предназначается для измерения низких давлений в высоковакуумной части откачных постов и имеет диапазон измерений, лежащий в интервале от 10^{-4} до 10^{-7} *мм* рт. ст. Он состоит из измерительной лампы, измерительной схемы, устройства для автоматического регулирования напряжения накала измерительной лампы и источников питания.

Измерительная лампа ионизационного манометра, иначе называемая манометрической лампой, представляет собой специальный триод. Ее баллон соединяют с объемом откачной системы, в которой необходимо измерять давление. В измерительной лампе электроды используются несколько необычным способом, а именно: в качестве анода используется сетка триода, а его анод служит коллектором положительных ионов и соединяется с минусом высокого напряжения *. Катодом лампы обычно является вольфрамовая

---

* Применительно к этой лампе, обозначенной на схемах фиг. 14 и 15 как $Л_1$, условимся в дальнейшем обычную сетку триода называть „анодом", а обычный анод триода — „коллектором".

нить. В связи с тем, что при подпайке откачиваемого прибора в объем (в котором измеряется вакуум) впускается воздух, предусматривается возможность удаления остатков воздуха с анода (сетки триода) измерительной лампы посредством его прокаливания. Для этого анод лампы выполняется в виде спирали и имеет два вывода.

Принцип действия описываемого прибора следующий: когда на электроды лампы поданы напряжения, то пролетающие от нити к аноду электроны ионизируют находящийся в лампе газ и образующиеся при этом положительные ионы притягиваются отрицательно заряженным коллектором; сила протекающего в цепи коллектора тока и является мерой давления газа.

В связи с тем что от силы электронного тока зависит образуемый ионами ток в цепи коллектора, весьма важно проводить измерения при определенной силе электронного тока, а именно при той, при которой производилась градуировка ионизационного манометра.

Регулировка и стабилизация электронного тока производятся обычно изменением тока нити накала лампы, для чего служат реостат накала и миллиамперметр.

Схема прибора

В описываемой конструкции ионизационного манометра применена схема с автоматической стабилизацией электронного тока. Это одно из основных ее отличительных качеств.

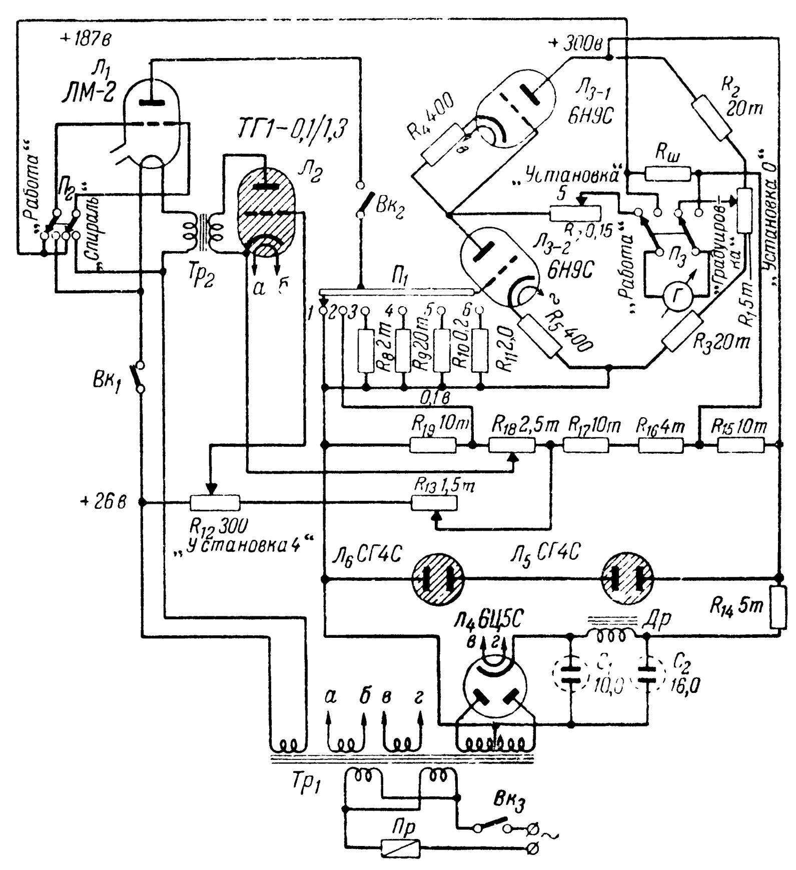
Измерительная схема (фиг. 14) представляет собой усилитель постоянного тока, собранный по мостовой схеме на лампе типа 6Н9С (6Н9М).

Оба триода этой лампы включены по схеме катодного повторителя и служат двумя плечами моста, в нейтраль которого включен гальванометр *Г*. Другие два плеча этого моста образуют сопротивления R_2, R_3 и потенциометр R_1, предназначенный для балансировки моста.

Сетка триода $Л_{3-2}$ присоединена к переключателю $П_1$. Балансировка моста производится сопротивлением R_1 при установленном переключателе $П_1$ в положение *1*.

Для регулировки чувствительности гальванометра *Г* переключатель $П_1$ устанавливают в положение *2*. При этом на сетку $Л_{3-2}$ подается фиксированное напряжение с делителя (напряжение, выделяющееся на сопротивлении R_{19}) и стрелка гальванометра *Г* изменением сопротивления R_7

устанавливается на условно выбранное максимальное деление 5 его шкалы (вся шкала примененного гальванометра разбита на 5 равных частей).

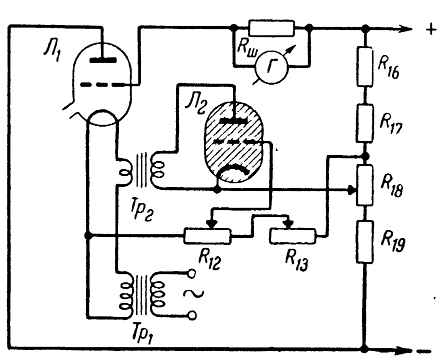


Фиг. 14. Принципиальная схема ионизационного манометра.

При перестановке переключателя $П_1$ на контакты $3 \div 6$ он поочередно присоединяет сетку лампы $Л_{3-2}$ к сопротивлениям R_8, R_9, R_{10}, R_{11}, по которым протекает измеряемый ионный ток. За счет падений напряжения на этих сопротивлениях происходит разбалансировка моста. В зависимости от степени этой разбалансировки стрелка гальванометра $Г$ отклоняется на меньший или больший угол. Так как последний зависит от ионного тока, то, следовательно,

он зависит и от степени разрежения газа (воздуха) в вакуумной системе. По показаниям стрелки гальванометра *Г* и положению переключателя $П_1$ судят о величине давления в системе.

Схема регулирования и автоматической стабилизации накала измерительной (манометрической) лампы для облегчения ее разбора изображена отдельно на фиг. 15. На этой схеме показано, что нить накала лампы $Л_1$ питается от специальной обмотки силового трансформатора $Тр_1$, последовательно с которой включена первичная обмотка трансформатора $Тр_2$. Вторичная же обмотка последнего присоединена к аноду и катоду тиратрона $Л_2$. При изменении тока, текущего через этот тиратрон, изменяется падение напряжения на первичной обмотке трансформатора $Тр_2$.



Фиг. 15. Упрощенная схема цепей регулирования и автоматической стабилизации накала измерительной лампы ионизационного манометра.

Управление током тиратрона, а следовательно, и током накала лампы $Л_1$ производится следующим образом: электронный ток лампы $Л_1$ протекает по сопротивлениям R_{12} и R_{13}. Возникающее на этих сопротивлениях напряжение вместе со снимаемым напряжением, падающим на части сопротивления R_{18}, подается на сетку тиратрона $Л_2$.

Передвижением ползунков потенциометра R_{18} и переменного сопротивления R_{13} добиваются такого положения, чтобы потенциометр R_{12} обеспечивал необходимый диапазон регулирования напряжения.

Для контроля за установлением номинального тока эмиссии лампы $Л_1$ при помощи переключателя $П_2$ (фиг. 14) включается в цепь анода этой лампы гальванометр *Г*. Изменением при помощи потенциометра R_{12} смещения на сетке лампы $Л_2$ необходимо добиться номинальной величины анодного тока лампы $Л_1$. При этом стрелка прибора должна быть установлена на условно выбранное деление *4*, соответствующее при определенном подборе величины $R_ш$ номинальному току лампы $Л_1$.

При увеличении тока через лампу $Л_1$ возрастает положительное напряжение на управляющей сетке тиратрона $Л_2$. Вместе с этим увеличиваются ток через тиратрон и падение напряжения на первичной обмотке трансформатора $Тр_2$, что и приводит к уменьшению накала нити лампы $Л_1$.

Изменения величины тока эмиссии как вследствие колебания напряжения электросети, так и в случае изменения эмиссионной способности нити накала лампы $Л_1$ полностью компенсируются, поскольку цепи постоянного тока схемы питаются стабилизированным напряжением.

Измерения режима работы схемы при налаживании ионизационного манометра показали, что при токе накала в 4,4 *а* отклонение силы тока в цепи сопротивлений R_{12} и R_{13} на 0,1 *ма* от номинала 5 *ма* давало изменение тока накала на 0,1 *а*.

Питается схема от сети переменного тока напряжением 110—220 *в*. Выпрямитель применен двухполупериодный на лампе типа 6Ц5С. Выпрямленное напряжение стабилизировано двумя газовыми стабилизаторами типа СГ4С (150С5-30), соединенными последовательно. Параллельно стабилизаторам включен делитель напряжения, состоящий из сопротивлений R_{15}, R_{16}, R_{17}, R_{18} и R_{19}, с которых поступают все необходимые для питания схемы напряжения.

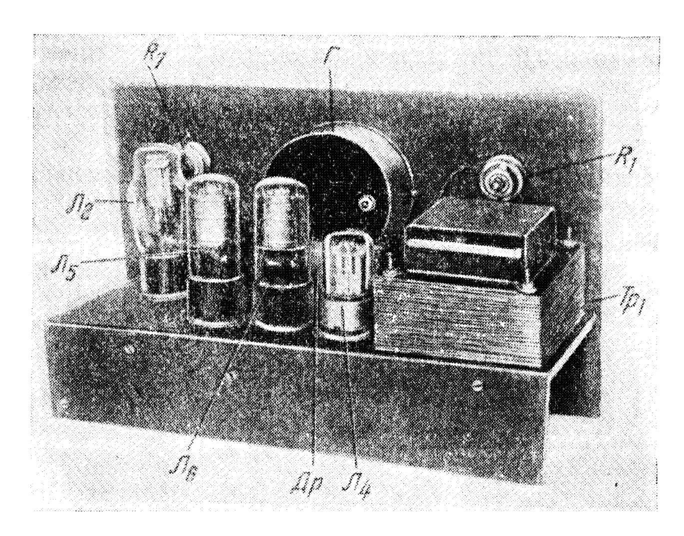
Конструкция прибора

Ионизационный манометр смонтирован на угловой панели (фиг. 16), вставляющейся в металлический ящик. Расположение деталей и органов управления показано на фиг. 16, 17 и 18.

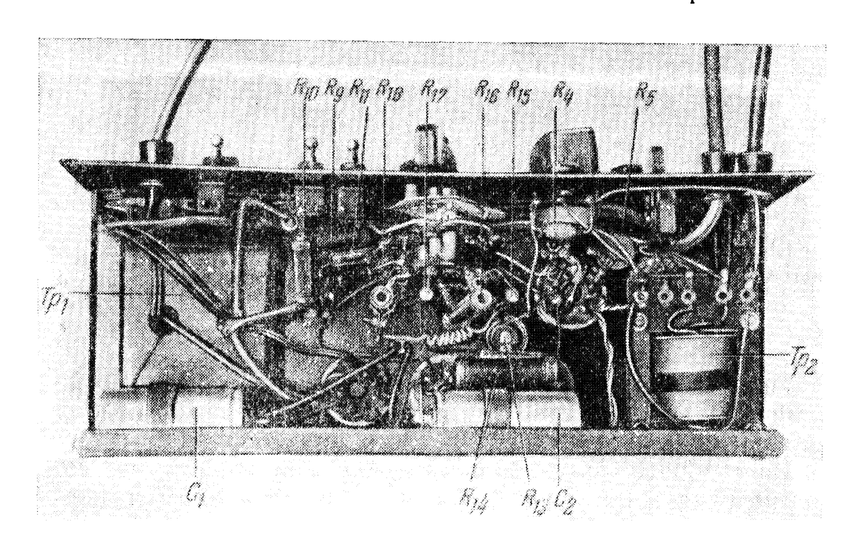
Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-25, сечение его керна 12,5 *см*². Он должен давать напряжение 330 *в* при токе в 40 *ма*. К одной из понижающих обмоток этого трансформатора подключаются нити накала ламп типа 6Ц5С и 6Н9С. Вторая обмотка накала питает нить тиратрона типа 7Г1-0,1/1,3. Данные третьей обмотки накала, предназначенной для питания нити лампы $Л_1$, устанавливаются в зависимости от типа этой лампы.

Нашей промышленностью выпускается специальная измерительная лампа типа ЛМ-2, вполне пригодная для применения в описываемом приборе. Заменителем ее может быть лампа типа ГУ-4. Для обеспечения автоматического ре-

гулирования накала этой лампы обмотка трансформатора, питающая ее нить, должна давать напряжение, на 1,5 *в* большее нормального для выбранной лампы.



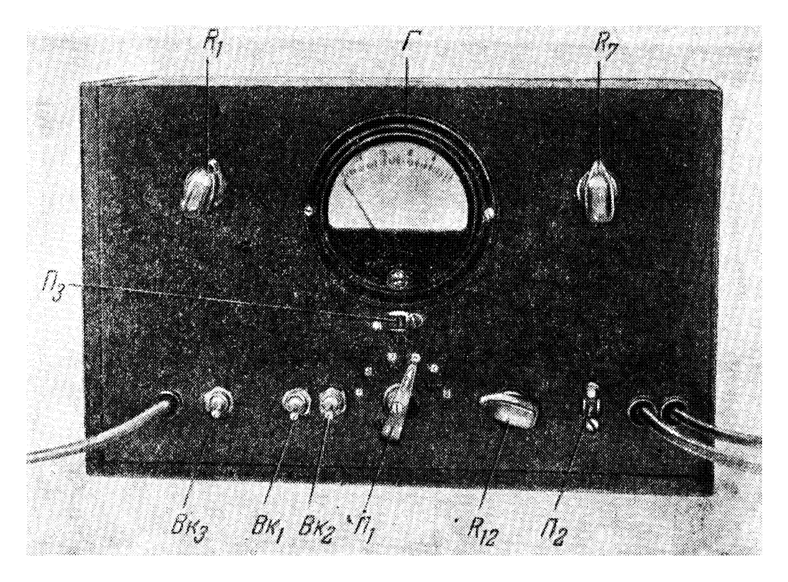
Фиг. 16. Угловая панель ионизационного манометра.



Фиг. 17. Вид монтажа ионизационного манометра с нижней стороны шасси.

Трансформатор $Тр_2$ собран на сердечнике из нестандартных пластин. Сечение его керна 2,5 *см*². В связи с тем что через обмотку этого трансформатора протекает постоянная составляющая, его сердечник снабжен воздушным зазором шириной около 0,5 *мм*. Первичная обмотка этого трансформатора имеет 36 витков. Сечение провода выбирается по току накала лампы $Л_1$. Вторичная его обмотка состоит из 2 300 витков провода ПЭ 0,12.

Дроссель *Др* также собран на нестандартном сердечнике с сечением керна 2,5 *см*². Обмотка содержит 4 200 витков провода ПЭЛ0,15.



Фиг. 18. Расположение органов управления на передней панели ионизационного манометра.

Гальванометр *Г* должен обладать чувствительностью не хуже 200 *мка*. Вполне подходит для этих целей прибор типа МС-200.

Из соображений стабильности, по возможности, все сопротивления ионизационного манометра должны быть проволочными. В описываемой конструкции сопротивления R_{10} и R_{11} в связи с большими их номинальными значениями (0,2 и 2 *мгом*) применены типа ВС.

На передней панели около всех ручек управления для облегчения настройки прибора сделаны соответствующие надписи.

При монтаже прибора следует уделить особое внимание изоляции от корпуса проводника, идущего к коллектору лампы $Л_1$, так как даже незначительная утечка в этой цепи приводит к большим погрешностям измерений.

Измерение вакуума

Прибор включается в сеть с помощью выключателя $Вк_3$. После прогрева его ламп и деталей, для чего требуется как минимум $3 \div 5$ мин., производится балансировка схемы потенциометром R_1 *(«установка 0»)*. При этом переключатель $П_1$ должен стоять в положении *1*. Сначала вращением ручки R_1 стрелка гальванометра $Г$ устанавливается на нулевое деление шкалы, затем подгоняется номинальная чувствительность гальванометра. Для этого переключатель $П_1$ переводят в положение *2* и с помощью переменного сопротивления R_7 (*«установка 5»*) производят установку стрелки прибора на деление *5*.

Дальше необходимо устранить газ, проникший в анод лампы $Л_1$. При первом включении измерительной лампы $Л_1$ в прибор ее коллектор следует обезгазить путем нагрева в индукторе высокочастотного генератора. При повторных включениях, замыкая выключатель $Вк_1$, следует подать напряжение в цепь накала лампы $Л_1$. Затем переключатель $П_2$ (*«спираль»—«работа»*) на $20 \div 30$ сек. переводится в положение «спираль». Указанным способом надо устранять газ из анодной спирали лампы $Л_1$ после каждого впуска воздуха в систему.

Затем устанавливается номинальный электронный ток лампы $Л_1$. Для этого переключатель $П_3$ *(«градуировка»—«работа»)* переводится в положение «градуировка». Вращением ручки потенциометра R_{12} *(«установка 4»)* устанавливают стрелку гальванометра $Г$ на деление *4* его шкалы. Шунт $R_ш$, как уже было сказано, подбирается такой величины, чтобы стрелка гальванометра устанавливалась на деление *4* шкалы при токе в 5 *ма*.

После выполнения всех перечисленных операций можно приступать к измерениям. Для этого переключатель $П_1$ устанавливается на нужный диапазон измерений и замыканием выключателя $Вк_2$ подсоединяется коллектор лампы $Л_1$ к измерительной схеме.

Градуировку гальванометра $Г$ изготовленного прибора следует производить по градуированному манометру.

Чувствительность этого прибора можно значительно повысить, если лампу $Л_1$ поместить в магнитное поле таким образом, чтобы вылетающие из ее нити электроны искривляли свою траекторию и летели к аноду по более длинному пути. Тогда вероятность их соударений с молекулами газа заметно возрастет и поэтому при той же величине электронного тока будет получаться значительно больший ионный ток. Больший ионный ток позволяет значительно расширить диапазон измерений и повысить точность отсчета, т. е. сделать прибор более чувствительным.

Автором был проведен такой эксперимент, и его результаты показали, что оптимальное поле повышает чувствительность прибора примерно в 4 раза. При эксперименте употреблялся соленоид, создававший поле до 800 ампервитков на сантиметр.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП ДЛЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

(Экспонат З. Г. КАГАНОВА и А. В. ВОЛКОВА, г. Иваново)

Повреждения изоляции очень часто являются причиной аварий электрооборудования. Из опубликованных данных известно, что причинами более половины всех аварий электродвигателей, работающих в фабрично-заводских условиях, служат повреждения изоляции их статоров и роторов.

В электрических машинах имеется изоляция двух основных видов: главная и междувитковая. Главная изоляция отделяет обмотку от станины, сердечника и корпуса машины, а междувитковая — изолирует витки друг от друга.

Состояние главной изоляции просто и достаточно точно контролируется измерительным прибором — меггером. Повреждения же междувитковой изоляции, не сопровождающиеся замыканиями обмотки на корпус машины, обнаружить очень трудно.

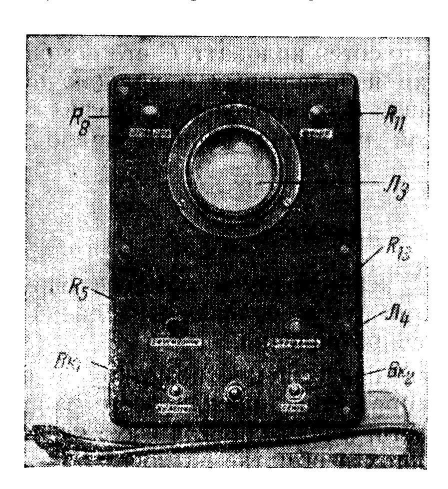
Описываемый ниже прибор дает возможность обеспечить объективный контроль за состоянием междувитковой изоляции; он позволяет определять наличие в исследуемой обмотке электрической машины короткозамкнутых витков.

Электронный импульсный дефектоскоп (фиг. 19) отличается значительной простотой конструкции и удобством

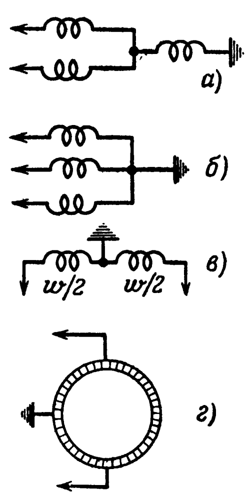
обслуживания. В основу его действия положен принцип сравнения двух симметричных частей обмотки.

Главными причинами, вызывающими несимметрию обмоток, являются:

а) замыкания на корпус и между фазами;
б) обрывы проводников;
в) неодинаковое число витков у катушек;
г) несимметрия воздушного зазора.



Фиг. 19. Внешний вид передней панели электронного импульсного дефектоскопа для испытания обмоток электрических машин.



Фиг. 20. Схемы разделения обмоток электрических машин на две симметричные части.

а — трехфазная обмотка с недоступной нулевой точкой; *б* — трехфазная обмотка с доступной нулевой точкой; *в* — обмотка цепи возбуждения машины постоянного тока или одна фаза трехфазной обмотки (*w* — число витков в обмотке); *г* — обмотка якоря машины постоянного тока.

Все эти дефекты могут быть обнаружены данным прибором, однако первые два вида повреждений, как уже указывалось, проще обнаруживаются с помощью меггера.

Для испытания обмотки описываемым прибором она должна быть разделена на две равные симметричные части. Основные схемы разделения различных видов обмоток на две симметричные ветви указаны на фиг. 20.

После выбора схемы исследования обмотки последнюю подключают к описываемому электронному импульсному дефектоскопу и наблюдают за формой появляющегося на

экране его электронно-лучевой трубки своеобразного изображения. По форме этого изображения можно судить о состоянии изоляции испытуемой обмотки. Если обе половины обмотки совершенно симметричны, что может быть при хорошей ее изоляции, то на экране получится одно изображение. Если между обмотками нарушена симметрия, то на экране электронно-лучевой трубки появятся два несовпадающих изображения.

Дефектоскоп дает возможность контролировать симметрию обмоток машин переменного и постоянного тока мощностью от долей киловатта до сотен киловатт. С его помощью можно испытывать обмотки неподвижных и вращающихся частей электрических машин. Для проведения профилактических испытаний витковой изоляции данный прибор не предназначен.

Схема прибора

Симметрия двух частей испытываемой обмотки определяется с помощью прибора путем сравнения величин их волнового (импульсного) сопротивления.

Волновое сопротивление, оказываемое обмоткой падающему на нее импульсу напряжения, прежде всего зависит от величины ее индуктивности, а последняя, в свою очередь, зависит от числа действующих в обмотке витков.

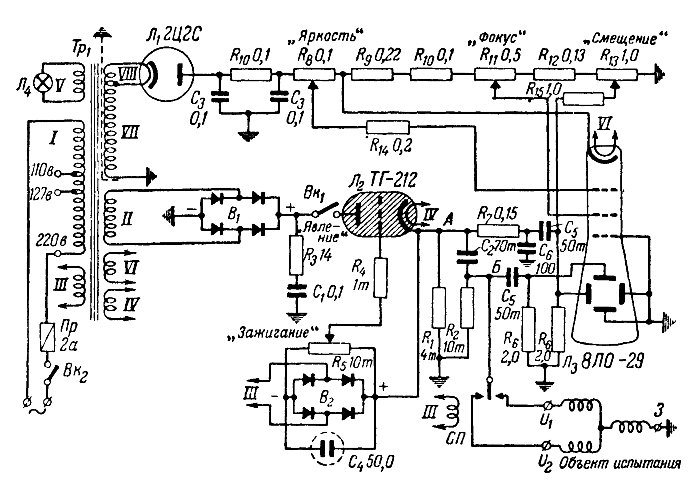
Таким образом, измеряя волновые сопротивления обмоток и сравнивая результаты измерений, можно судить о наличии (или отсутствии) в них короткозамкнутых витков или каких-либо других дефектов.

Основными частями описываемого прибора являются электронно-лучевая трубка с блоком питания, маломощный импульсный генератор, синхронный переключатель и блок ждущей развертки.

Полная схема электронного импульсного дефектоскопа изображена на фиг. 21. Работает она следующим образом.

Электронно-лучевая трубка $Л_3$ типа 8ЛО-29 питается от дополнительного выпрямителя, в котором применен кенотрон типа 2Ц2С. От специальной обмотки силового трансформатора $Тр_1$ через выпрямительный мостик $В_1$, составленный из четырех селеновых столбиков, заряжается конденсатор $С_1$ емкостью 0,1 *мкф* до 450 *в* амплитудного значения напряжения. Зарядный ток этого конденсатора ограничивается балластным проволочным сопротивлением R_8.

При включенном напряжении электросети и замкнутом выключателе $Вк_1$ тиратрон ($Л_2$) типа ТГ-212 загорается и гаснет в течение каждого полупериода выпрямленного напряжения, т. е. 100 раз в секунду. Момент зажигания тиратрона определяется потенциалом на его сетке. Величина этого потенциала устанавливается изменением сопротивления потенциометра R_5, включенного в выходную цепь селенового выпрямителя B_2. Напряжение к этому выпрямителю



Фиг. 21. Схема электронного импульсного дефектоскопа.

подается от отдельной обмотки трансформатора $Тр_1$. Угол зажигания тиратрона подбирается близким к 90°, т. е. таким, чтобы вспышка тиратрона возникала в момент, когда его анодное напряжение близко к максимуму.

При зажигании тиратрона конденсатор C_1 разряжается через сопротивление R_1 и параллельную ему ветвь, состоящую из конденсатора C_2 и последовательно с ним включенного сопротивления R_2. Когда тиратрон $Л_2$ при уменьшении напряжения на его аноде погаснет, зарядившийся за это время конденсатор C_2 начинает разряжаться через сопротивления R_1 и R_2.

Вследствие описанного процесса в точках *А* и *Б* (фиг. 21) периодически возникают импульсы напряжения.

Импульсное напряжение, возникающее между точкой *А* и землей (корпусом), подается на «пластины времени»

электронно-лучевой трубки $Л_3$ через ячейку R_7, C_5 и C_6, несколько замедляющую развертывание явления по горизонтальной оси.

Импульсное напряжение, возникающее между точкой *Б* и землей (корпусом), подается одновременно на «пластины явления» той же трубки $Л_3$ и на объект испытания — через синхронный переключатель *СП*.

Таким образом, напряжение блока ждущей развертки (точка *А*) и напряжение импульсного генератора (точка *Б*) оказываются автоматически синхронизированными. То обстоятельство, что развертывающееся напряжение изменяется не по линейному, а по экспоненциальному закону, не играет в данном случае никакой роли.

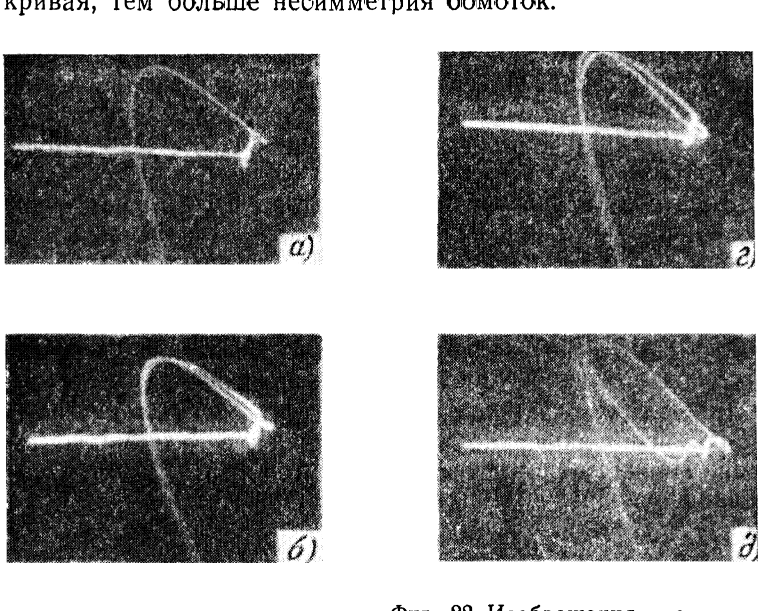
Синхронный переключатель *СП* представляет собой обыкновенное поляризованное реле малой мощности.

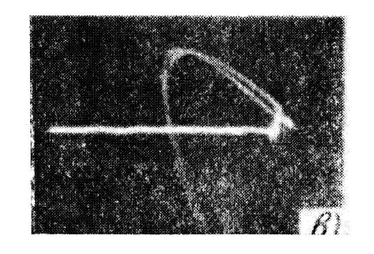
Оно питается от тока той же обмотки трансформатора $Тр_1$, к которой подключен и выпрямитель $В_2$. Язычок этого реле 50 раз в секунду замыкается с правым и 50 раз с левым контактом. К этим контактам присоединяются концы двух ветвей испытуемой обмотки. Таким образом, импульсы напряжения от точки *Б* поочередно подаются в каждую из этих ветвей.

Если изоляция обеих ветвей испытуемой обмотки исправна и число витков у них одинаково, то их волновые (импульсные) сопротивления окажутся также одинаковыми. В этом случае величины сопротивлений, подключаемых параллельно сопротивлению R_2, не зависят от положения синхронного переключателя *СП*. Поэтому на экране трубки $Л_3$ получается неподвижное изображение, создаваемое наложением друг на друга изображений, возникающих 100 раз в секунду и характеризующих полную симметрию двух половин испытываемой обмотки. Если же в одной из ветвей обмотки имеется замыкание — междувитковое или на корпус,— то ее волновое сопротивление вследствие этого уменьшится. В этом случае сопротивления, подключаемые параллельно R_2, будут неодинаковы при разных положениях синхронного переключателя *СП*. Поэтому на экране трубки $Л_3$ появятся два несовпадающих изображения, характеризующих различие в условиях разряда конденсатора через одну и другую половину испытываемой обмотки.

На фиг. 22 показаны осциллограммы, снятые с помощью электронного импульсного дефектоскопа при различных ви-

дах повреждения изоляции статора асинхронного короткозамкнутого двигателя. Из этих осциллограмм следует, что основной характеристикой отсутствия симметрии между обмотками является раздвоение кривой, появляющейся на экране электронно-лучевой трубки. Чем больше раздвоена кривая, тем больше несимметрия обмоток.





Фиг. 22. Изображения, появляющиеся на экране электронного импульсного дефектоскопа при испытании имеющего различные повреждения статора асинхронного короткозамкнутого двигателя на 350 *в*, 2,25 *л. с.*, 720 об/мин.

а — замыканий нет; *б* — замыкание 1 витка из 45 находящихся в пазу; *в* — замыкание 20 витков из 45; *г* — замыкание одной катушки (45 витков) из 12 катушек (на фазу); *д* — замыкание $^{2}/_{3}$ всей обмотки (на корпус).

При некотором навыке по виду кривой можно судить о характере повреждения. Определять, в какой ветви обмотки находится повреждение, можно путем дальнейшего подразделения дефектной части обмотки на два, четыре и более участков. Таким последовательным подразделением можно определить поврежденный участок обмотки, лежащий в отдельном пазу якоря.

Режимы ламп и данные деталей

Кенотрон $Л_1$ типа 2Ц2С потребляет на накал нити напряжение 2,5 *в* и ток 1,75 *а*. Максимальный импульс его анодного тока 100 *ма* (амплитудных). Допустимое обратное напряжение 12,5 *кв*.

Тиратрон $Л_2$ типа ТГ-212 потребляет на накал нити ток 2,3 *а* при напряжении 4,0 *в*. Его допустимый средний анодный ток 12,5 *ма*. Максимальный импульс анодного тока 1,5 *а* (амплитудных). Обратное напряжение не выше 300 *в*. Время разогрева 1 мин. Ширина пусковой области до 3 *в*.

Электронно-лучевая трубка $Л_3$ типа 8ЛО-29 потребляет ток накала 0,6 *а* при напряжении 6,3 *в*. Напряжение на ее первом аноде устанавливается в 430 *в*, а на втором аноде — около 1 400 *в*. Запирающее напряжение на сетке 45 *в*.

Сигнальная лампочка $Л_4$ рассчитана на напряжение накала 6,3 *в* и потребляет ток 0,28 *а*. Ее назначение сигнализировать о включении прибора в электросеть.

В качестве синхронного переключателя *СП* может быть использовано любое поляризованное реле с двумя контактами. Наиболее подходящим для этой цели является реле от вибропреобразователя или от механического выпрямителя малой мощности.

Если обмотка выбранного реле будет рассчитана на напряжение, отличающееся от напряжения, подводимого к выпрямителю $В_2$ (20 *в*), то для питания этого реле можно намотать на трансформаторе $Тр_1$ отдельную обмотку.

В описываемом приборе было использовано реле от вибропреобразователя. Предназначенная для питания этого реле обмотка трансформатора дает напряжение 20 *в* при потребляемом реле токе около 5 *ма*.

Все постоянные сопротивления, используемые в приборе, типа ВС. Из них R_6, R_7, R_{14} и R_{15} могут быть рассчитаны на рассеиваемую мощность 0,25 *вт*, а R_2, R_4, R_9, R_{10} и R_{12} — на мощность не менее 0,5 *вт*. Исключением является R_1, в качестве которого использовано проволочное остеклованное сопротивление, допускающее ток порядка 100 *ма*, и сопротивление R_3, также проволочное, величиной 14 *ом*.

Переменные сопротивления R_5, R_8, R_{11} и R_{13} типа ВК.

Конденсатор C_4 — электролитический на 50 *мкф* и рабочее напряжение 30 *в*, C_5 — типа КБГМ-1 на рабочее напряжение 100 *в*, C_3 — бумажный металлизированный на 1 000 *в*

рабочего напряжения, C_1, C_2 и C_6 — слюдяные на рабочее напряжение 500—1 000 *в*.

Трансформатор $Тр_1$ собран на сердечнике из пластин Ш-образной формы. Сечение его керна 18 *см*². Окна у сердечника должны быть достаточно большими для того, чтобы все восемь обмоток уложились на каркасе, имеющем высоту 100 *мм* и размеры щечек 110 × 115 *мм*. Каркас трансформатора изготовляется из текстолита толщиной в 2,5 ÷ 3 *мм*. На нем наматываются следующие обмотки.

Сетевая обмотка *I* на напряжения 110—127—220 *в* содержит 880 витков с отводами от 440 и 508 витков. Первые 508 витков наматываются проводом ПЭ 0,6, а остальная часть обмотки — проводом ПЭ 0,45.

Обмотка *II* выпрямителя $В_1$ (напряжение 360 *в*) состоит из 1 450 витков провода ПЭ 0,25.

Обмотка *III* выпрямителя $В_2$ и синхронного переключателя *СП* (напряжение 20 *в*) содержит 80 витков провода ПЭ 0,15.

Обмотка *IV* накала тиратрона (напряжение 4 *в*) имеет 16 витков провода ПЭ 1,2.

Обмотка *V* сигнальной лампочки $Л_4$ (напряжение 6,3 *в*) содержит 25 витков провода ПЭ 0,4.

Обмотка *VI* накала нити электронно-лучевой трубки (напряжение 6,3 *в*) имеет 25 витков ПЭ 0,6.

Обмотка *VII* высокого напряжения (напряжение 1 400 *в*) состоит из 5 600 витков провода ПЭ 0,08—0,1.

Обмотка *VIII* накала кенотрона (напряжение 2,5 *в*) содержит 11 витков провода ПЭ 1,0.

Все обмотки укладываются слоями и тщательно изолируются друг от друга лакотканью или в крайнем случае парафинированной бумагой. Обмотки *VII* и *VIII* изолируются от остальных обмоток обязательно слоем лакоткани (кембрикового полотна) толщиной 3 ÷ 5 *мм* и экранируются незамкнутым латунным экраном толщиной 0,3 *мм*. Выводы от обмотки припаиваются к латунным пластинкам, укрепленным на каркасе трансформатора.

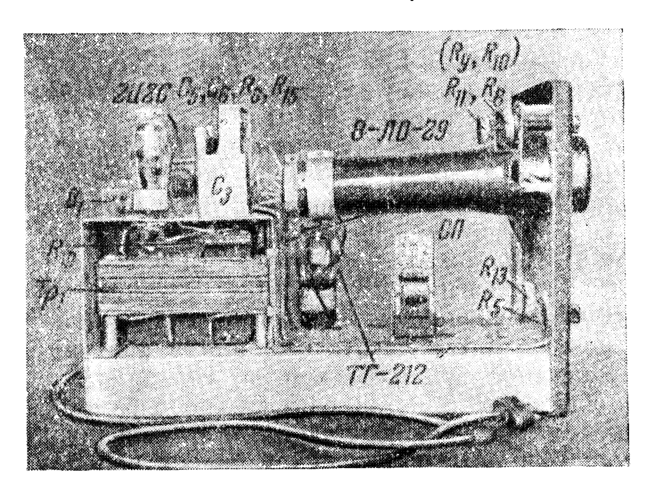
Выпрямитель $В_1$ собирается из четырех селеновых столбиков, составленных из шайб диаметром 18 *мм*. В каждом столбике по 21 шайбе. При комплектовании выпрямительного мостика следует проверить сопротивление каждого столбика. Для этого собранный мостик присоединяется зажимом «плюс» к отрицательному зажиму источника постоянного тока. Вторые зажимы мостика и источника тока соединяются через реостат и миллиамперметр. Сила тока,

проходящего через весь мостик, должна быть установлена около 0,1 *а*. При этом точным вольтметром поочередно замеряют падение напряжения в каждом столбике. Для каждого столбика падение напряжения должно быть одинаковым, что и будет свидетельствовать о равенстве сопротивлений столбиков. Если сопротивления окажутся неодинаковыми, нужно разобрать мостик и перегруппировать шайбы. При неодинаковых сопротивлениях плеч мостика прибор будет работать плохо.

Выпрямитель B_2 собирается из четырех групп селеновых шайб диаметром не менее 18 *мм*. В каждой группе применяется по две шайбы.

Монтаж прибора

Дефектоскоп монтируется на металлическом угловом шасси с передней вертикальной панелью. Расположение основных его деталей показано на фиг. 19 и 23.



Фиг. 23. Вид сбоку на выдвинутое из ящика шасси импульсного дефектоскопа.

На передней панели установлены ручки «фокус», «яркость», «зажигание», «смещение» изображения, выключатели «сеть» и «явление», экран электронно-лучевой трубки $Л_3$ и сигнальная лампочка $Л_4$.

Зажимы, соединенные с корпусом и контактами U_1 и U_2 реле, расположены на задней стороне шасси.

Силовой трансформатор $Тр_1$ установлен на заднем конце шасси. Над ним на П-образной панели смонтирован кенотран $Л_1$ и высоковольтный выпрямитель $В_1$. Тиратрон $Л_2$ и реле размещены во второй половине шасси (фиг. 23).

Снизу шасси монтируются все детали, относящиеся к импульсной части прибора.

Прибор не требует строго определенного расположения деталей и монтажа. Поэтому при конструировании его может быть принят и другой вариант расположения деталей.

Монтаж цепей высокого напряжения следует производить проводом с надежной изоляцией. Прибор, собранный из заведомо исправных деталей, обычно начинает сразу работать без особой регулировки.

Сопротивление R_2 можно поставить переменное. Это надо сделать в том случае, если требуется проверять машины различной мощности и желательно изменять форму и размеры изображения на экране.

Прибор вставляется в металлический футляр размерами $180 \times 275 \times 410$ *мм*. Общий его вес с футляром около 10 *кг*.

Обслуживание прибора

Прибор включается в электросеть 127/220 *в* и потребляет от нее мощность порядка 60 *ва*.

Испытуемый объект подключается к зажимам U_1, U_2 и $З$ (фиг. 21). Затем замыкается выключатель $Вк_2$ и через 1 мин.— выключатель $Вк_1$ («явление»). На экране электронно-лучевой трубки появляется то или иное изображение, регулируемое ручками «яркость», «фокус», «зажигание» и «*смещение*». Ручкой «*смещение*» перемещают это изображение вправо и влево, пока оно не попадет в центр экрана.

Для предварительной настройки прибора рекомендуется соединять вместе зажимы U_1 и U_2 и присоединять их к одной ветви объекта. При этом на экране должно быть одно изображение. Раздвоение изображения (если оно замечается) в этом случае легко устраняется ручкой «зажигание». Если появившееся раздвоение изображения при настройке прибора и регулировке зажигания тиратрона не удается устранить, нужно проверить правильность подбора элементов в выпрямителе $В_1$.

При правильной настройке прибора и включении исследуемой обмотки, как это указано на фиг. 21, раздвоение изображения свидетельствует о наличии несимметрии. По-

очередным включением и отключением разных фаз обмотки к зажимам U_1 и U_2 удается легко обнаружить фазовую обмотку, имеющую несимметрию по сравнению с другими двумя фазовыми обмотками.

Поочередной проверкой отдельных катушек этой фазы находится несимметричная катушка, а затем и несимметричный паз.

При поиске дефектной обмотки необходимо иметь в виду одно очень важное обстоятельство. Если проверяется асинхронный двигатель в собранном виде, то положение ротора относительно статора может иногда влиять на форму изображения на экране. Поэтому при появлении изображения, подобного показанному на фиг. 22,*б*, надо повернуть ротор (если он вставлен) и проверить, не получится ли изображение вида, приведенного на той же фиг. 22,*а*.

Возможность такого раздвоения изображения обусловливается очень высокой чувствительностью прибора, реагирующего не только на несимметрию обмоток, но и на несимметрию в расположении пазов ротора относительно пазов статора в двух испытываемых фазах.

При наличии дефектов в обмотке поворотом ротора невозможно устранить раздвоение изображения.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ТРАМВАЯ И ТРОЛЛЕЙБУСА

(Экспонат Б. И. ЕФИМЧЕНКО, г. Ростов н/Д)

Основным назначением описываемого прибора является обеспечение контроля за состоянием изоляции контактной сети трамвая и троллейбуса. Однако этот прибор может успешно применяться в физических кабинетах школ или в радиокружках для демонстрации опытов с высоким напряжением, таких, как заряд и разряд конденсаторов, пробой воздушного промежутка, испытание на пробой изоляционных лаков и других диэлектриков и т. д.

Краткая характеристика прибора

Прибор дает возможность заряжать четыре параллельно соединенных конденсатора до напряжения порядка 1 500 *в*. Полученное на конденсаторах напряжение прикладывается к испытуемому участку изоляции и по току утечки, указываемому включенным последовательно микроам-

перметром, определяется сопротивление измеряемой изоляции. Микроамперметр градуируется в мегомах (от 0 до 200—300 *мгом*).

Для испытания изоляции на пробой заряженные конденсаторы при помощи переключателя соединяются последовательно. После переключения их общее напряжение достигает 6 000 *в*. Этим напряжением и производится испытание на пробой.

Следует отметить, что, несмотря на высокое напряжение, прибор даже при непосредственном прикосновении к его зажимам не опасен для жизни, так как емкость его конденсаторов слишком мала. Несмотря на это, все же эксперименты с прибором следует вести, соблюдая осторожность, так как случайный разряд высокого напряжения вызывает у человека неприятное ощущение.

Питается прибор от аккумулятора напряжением 2 *в*.

Принцип работы

Получение высоких напряжений от вибропреобразователей, обычно применяемых для питания анодных цепей радиоприемников, невозможно из-за возникновения дугового разряда между контактами, при размыкании цепи вторичной обмотки трансформатора. Дуговой разряд приводит к быстрому обгоранию контактов. Причиной возникновения дугового разряда являются большие экстратоки размыкания. Практически при напряжении питающего аккумулятора 2 *в* трудно получить выпрямленное указанным способом напряжение выше 200 *в*.

В описываемом приборе экстратоки размыкания рационально используются для получения напряжения, достигающего 1 500 *в*.

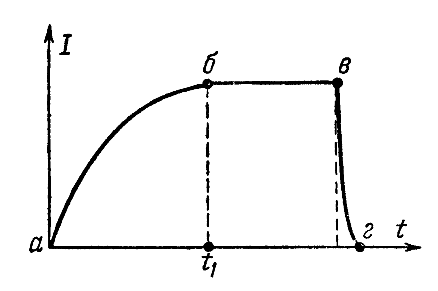
Рассмотрим физические процессы, возникающие в обмотках трансформатора при подключении к его первичной обмотке постоянного тока.

Если взять катушку с железным сердечником, обладающую некоторой индуктивностью, и пропускать через нее постоянный ток от аккумулятора, прерываемый с помощью прерывателя, то в момент замыкания цепи сила тока в ней, как известно, будет нарастать не мгновенно, а постепенно и достигнет предельного своего значения лишь через некоторый промежуток времени. Мгновенному возрастанию силы тока препятствует э. д. с. самоиндукции, возникающая на

концах обмотки катушки в момент замыкания цепи. При возрастании тока эта э. д. с. всегда направлена навстречу вызвавшему ее току. Характер постепенного нарастания постоянного тока в цепи с катушкой индуктивности показывает участок *аб* кривой, приведенной на фиг. 24.

В момент времени t_1, соответствующий точке *б* на кривой, ток достигнет своего предельного значения, прекратится дальнейшее его нарастание и вместе с этим исчезнет и э. д. с. самоиндукции. Наступит так называемый установившийся режим (участок *бв* кривой на фиг. 24).

Если теперь разорвать цепь, то магнитное поле катушки начнет быстро уменьшаться и ток в обмотке сравнительно быстро достигнет нулевого значения (участок *вг* кривой фиг. 24). Быстрому прекращению тока в этот момент будет препятствовать возникшая на концах обмотки катушки э. д. с. самоиндукции тока размыкания (экстратока), величина которой будет во много раз больше приложенного к катушке напряжения. Это свойство токов размыкания и использовано в данном приборе для получения высокого напряжения.



Фиг. 24. График зависимости силы постоянного тока от времени при замыкании и размыкании цепи с индуктивностью.

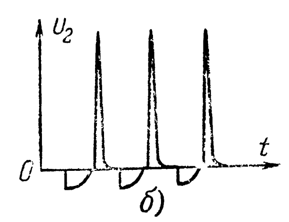
Для того чтобы еще больше повысить напряжение, получающееся при разрыве цепи постоянного тока, применяется повышающий трансформатор.

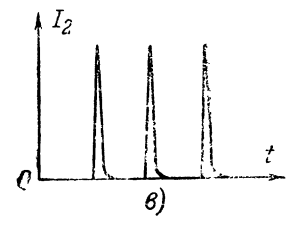
Если непрерывно замыкать и размыкать цепь, то ток в первичной обмотке трансформатора и напряжение в его вторичной обмотке будут изменяться так, как показано на характеристиках *а* и *б* фиг. 25.

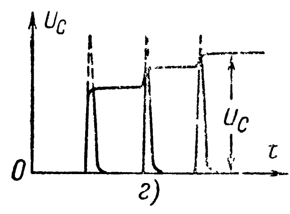
Кривая *б* показывает, что во вторичной обмотке трансформатора получается переменное несинусоидальное напряжение, причем в течение полупериода, соответствующего замыканию цепи, оно имеет одно направление и сравнительно небольшую амплитуду, а в течение следующего полупериода, соответствующего размыканию цепи, вследствие сравнительно быстрого исчезновения магнитного поля катушки, — другое направление и значительно бо́льшую амплитуду.

Для того чтобы зарядить конденсаторы напряжением вторичной обмотки, его необходимо выпрямить. Применять для этого в портативной установке кенотронный выпрямитель слишком сложно.

Автор применил для этой цели воздушный искровой промежуток, выполняющий роль вентиля (выпрямителя). Для того чтобы искровой промежуток выполнял роль вентиля, его зазор регулируется так, чтобы при отрицательном полупериоде он не пробивался, а при положительном полупериоде, когда напряжение во много раз выше, пробивался и пропускал ток в цепь заряда конденсатора. Кривая тока вторичной обмотки трансформатора, прошедшего через искровой промежуток, будет иметь вид, изображенный на фиг. 25,*в*. Этот ток может быть использован для зарядки конденсаторов, так как он имеет одно направление. Нарастание напряжения на зажимах заряжаемого этим током конденсатора характеризует кривая *г* фиг. 25. Это напряжение заряженных конденсаторов и используется для измерения сопротивления и испытания изоляции.







Фиг. 25. Графики, выражающие зависимости от времени *t*.

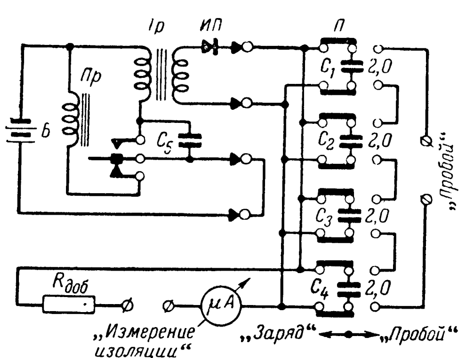
а — силы прерывающегося постоянного тока первичной обмотки трансформатора I_1; *б* — напряжения, возникающего на вторичной обмотке трансформатора U_2 (за тот же период действия прерывателя); *в* — тока I_2, протекающего во вторичной обмотке трансформатора, содержащей последовательно включенный искровой промежуток; *г* — роста напряжения U_C на зажимах конденсатора, подключенного через искровой промежуток ко вторичной обмотке трансформатора.

Схема прибора

Схема прибора изображена на фиг. 26. В качестве источника тока *Б* автором применен аккумулятор типа 2НКН-10, хотя может быть применен и любой другой источник постоянного тока, обладающий рабочим напряжением 2 *в* и способный давать ток порядка 1,5—2 *а*. *Тр* — повышающий трансформатор, *Пр* — прерыватель тока (любого типа), способный прерывать цепь первичной обмотки

трансформатора 50—150 раз в секунду, $C_1 \div C_4$ — конденсаторы типа КБГ-МН (емкостью по 2 *мкф*), рассчитанные на напряжение 1 500 *в*, конденсатор C_5 (емкостью 5 000—10 000 *мкмкф*) служит для блокировки прерывателя *Пр*.

При зарядке и при измерении изоляции конденсаторы $C_1 \div C_4$ соединяются параллельно. Заряд конденсаторов до напряжения 1 500 *в* при параллельном их соединении продолжается 0,5 мин. и обеспечивает измерение изоляции в течение 4—6 мин.



Фиг. 26. Принципиальная схема прибора для измерения изоляции.

Для испытания изоляции на пробой используется напряжение четырех последовательно соединенных конденсаторов, равное примерно 6 000 *в*. Соединение конденсаторов параллельно или последовательно осуществляется специальным переключателем *П* (фиг. 26). При передвижении его контактных пластин влево (положение, показанное на фиг. 26) конденсаторы оказываются соединенными параллельно, а при передвижении их вправо — последовательно.

При измерении изоляции напряжение 1 500 *в* с зажимов конденсаторов $C_1 \div C_4$ (переключатель находится в левом положении) подается через добавочное сопротивление $R_{доб}$ и измерительный прибор к зажимам *«измерение изоляции»*. Напряжение же 6 000 *в* (переключатель находится в правом положении) подается к зажимам *«пробой»*.

Зарядка конденсаторов производится при замкнутых зажимах *«измерение изоляции»*. Степень зарядки конденсаторов определяется по углу отклонения стрелки микроамперметра μA. Максимальное отклонение его стрелки при измерении сопротивления изоляции принимается за условный нуль.

Градуировка прибора

В приборе применен микроамперметр магнитоэлектрического типа с равномерной шкалой на 100 *мка*. Чтобы с помощью этого микроамперметра можно было измерять боль-

шие сопротивления (т. е. определять качество изоляторов), его надо отградуировать в мегомах, предварительно подобрав соответствующей величины добавочное сопротивление. В результате такой градуировки получается новая (неравномерная) шкала прибора.

Как видно из фиг. 26, при измерении сопротивления изоляции общее сопротивление цепи складывается из сопротивления микроамперметра, добавочного сопротивления $R_{доб}$ и внешнего (измеряемого) сопротивления. Действующее в цепи напряжение равно 1 500 *в*. Максимально допустимый ток для данного микроамперметра равен току его шкалы, т. е. 0,0001 *а*.

Если пренебречь внутренним сопротивлением прибора, которое очень мало, а R внешнее (измеряемое) принять равным нулю, то по закону Ома добавочное сопротивление $R_{доб}$ будет равно:

$$R_{доб} = \frac{1\,500}{0{,}0001} = 15\,000\,000 \textit{ ом} = 15 \textit{ мгом}.$$

Точнее величину добавочного сопротивления следует подобрать опытным путем, добиваясь того, чтобы при полном заряде конденсаторов и измеряемом сопротивлении, равном нулю, стрелка микроамперметра отклонялась на всю шкалу. Разница между величиной рассчитанного и подобранного опытным путем добавочного сопротивления будет тем меньше, чем меньше будет отличаться напряжение заряженного конденсатора от принятого при расчете напряжения (1 500 *в*). В случае большой разницы между величинами рассчитанного и подобранного сопротивлений по величине последнего и силе тока микроамперметра (0,0001 *а*) можно подсчитать напряжение, до которого заряжаются конденсаторы $C_1 \div C_4$, и затем, исходя из этого напряжения, произвести все расчеты, необходимые для градуировки прибора.

Шкала прибора градуируется расчетным путем. Допустим, что его стрелка при полном заряде конденсаторов отклоняется на всю шкалу (ток равен 100 *мка*, или 0,0001 *а*). Делим тогда его шкалу на 10 равных частей и первое ее деление (не считая нулевого) будет соответствовать току 10 *мка*. Каждое последующее деление будет больше предыдущего также на 10 *мка*.

Из вышеприведенного расчета следует, что при напряжении конденсаторов 1 500 *в*, измеряемом сопротивлении

изоляции, равном нулю, и добавочном сопротивлении в 15 *мгом* ток через микроамперметр будет равен 100 *мка.*

Найдем теперь, чему будет равно измеряемое сопротивление изоляции, если прибор будет показывать, например, 90 *мка.*

Общее сопротивление цепи для этого случая равно:

$$\frac{1\,500}{0,00009} = 16\,666\,666 \text{ ом} \approx 16,67 \text{ мгом}.$$

Так как в цепь включено добавочное сопротивление $R_{доб}$ величиной 15 *мгом*, то R внешнее (измеряемое), очевидно, будет равно 16,67—15,0=1,67 *мгом.*

Таблица 3

R прибора, *мка*	R общее, *мгом*	R изоляции, *мгом*
100	15	0
90	16,67	1,67
80	18,75	3,75
70	21,42	6,42
60	25,0	10,0
50	30,0	15,0
40	37,5	22,5
30	50,0	35,0
20	75,0	60,0
10	150,0	135,0
5	300,0	285,0

Вычисленные ранее и последующие значения измеряемых сопротивлений для соответствующих делений шкалы микроамперметра на 100 *мка* указаны в табл. 3.

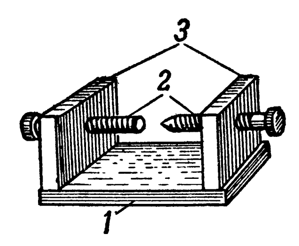
Полученные величины можно нанести на шкалу микроамперметра или же пользоваться ими из таблицы, переводя показания прибора в микроамперах в величины сопротивлений изоляции в мегомах.

Детали прибора

Трансформатор *Тр* собирается на сердечнике из пластин типа Ш-20. Толщина набора пластин 20 *мм.* Первичная его обмотка имеет 40 витков провода ПЭ 0,8 ÷ 0,9. Поверх нее укладывается слой изоляции, рассчитанный на напряжение 2—3 *кв.* Затем наматывается вторичная обмотка. Она состоит из 10 000 витков провода ПЭ 0,09 ÷ 0,1, уложенных вплотную правильными рядами. Каждый слой этой обмотки изолируется парафинированной (конденсаторной) бумагой или чертежной калькой. Необходимо обмотку укладывать так, чтобы ее края немного (на 4 ÷ 5 *мм*) не доходили до щечек каркаса. Вся обмотка состоит приблизительно из 30 рядов. Через каждые 5 ÷ 10 ее рядов необходимо прокладывать усиленную изоляцию в два слоя конденсаторной бумаги или, что еще лучше, один слой лако-

ткани (кембрикового полотна). Если имеется хороший пропиточный лак, то желательно покрывать им каждый слой. Окончательно намотанная обмотка 2 ÷ 3 раза покрывается (пропитывается) лаком и каждый раз подвергается интенсивной сушке. Пропитка обмотки делает ее более устойчивой в отношении вредного воздействия влажности воздуха. Если прибор предназначен для работы в закрытом сухом помещении, то катушку трансформатора можно не пропитывать лаком. Вместо лака можно применять расплавленный парафин.

Искровой промежуток (разрядник) делается регулируемым. Он состоит из двух латунных болтов, укрепленных на изоляционном основании. Конец одного из болтов заострен. Устройство искрового промежутка показано на фиг. 27. Его детали могут быть произвольных размеров, ширина воздушного промежутка 1,5 ÷ 2 *мм*.



Фиг. 27. Устройство искрового промежутка.
1—основание из изоляционного материала; *2*—латунные болты с регулируемым искровым промежутком между ними; *3*—латунные стойки.

Переключатель *П* применен самодельного типа. Он служит для переключения четырех конденсаторов (C_1 ÷ C_4). Вообще же, если необходимо получать большее напряжение (при испытании на пробой), то переключатель делается по числу конденсаторов. Устройство этого переключателя показано на фиг. 28. Он состоит из двух неподвижных плат с контактами и одного ротора из изоляционного материала (находящегося между платами) с изолированными друг от друга перемычками. Контакты пропускаются через отверстия в платах и замыкаются перемычками ротора. Они выполнены из двойной пружинящей латуни или фосфористой бронзы.

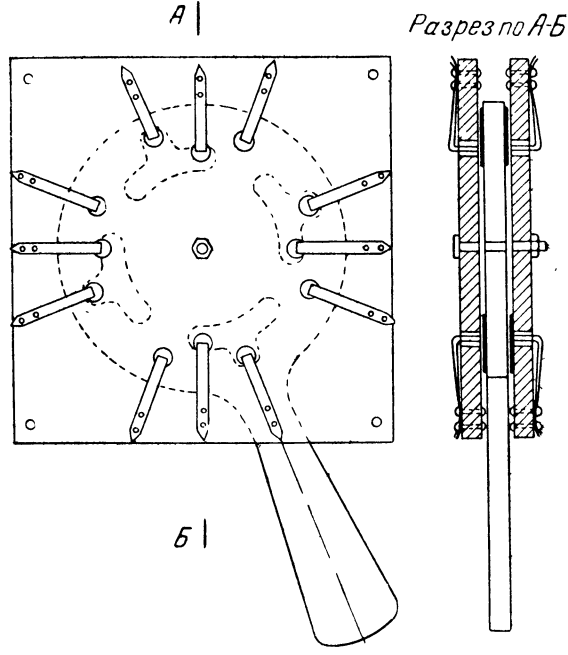
Поворотом ротора на определенный угол производится переключение конденсаторов. Изолирующий материал, из которого изготовляется переключатель,—текстолит или другой равноценный ему изолятор.

Монтаж прибора

Прерыватель, трансформатор и искровой промежуток собираются в один узел и помещаются в правом отсеке чехла (фиг. 29). От этого узла отходят два гибких провода, подключаемых к аккумулятору, и четыре провода, оканчи-

вающиеся четырехполюсной вилкой, включающейся в гнезда, установленные на панели прибора; два из них несут высокое напряжение, а два соединяются на перемычку, выполняющую роль блокировки первичной обмотки трансформатора.

Таким образом, когда четырехполюсная вилка вставлена в гнезда, первичная цепь трансформатора замыкается, начинает работать прерыватель и по двум проводам подается



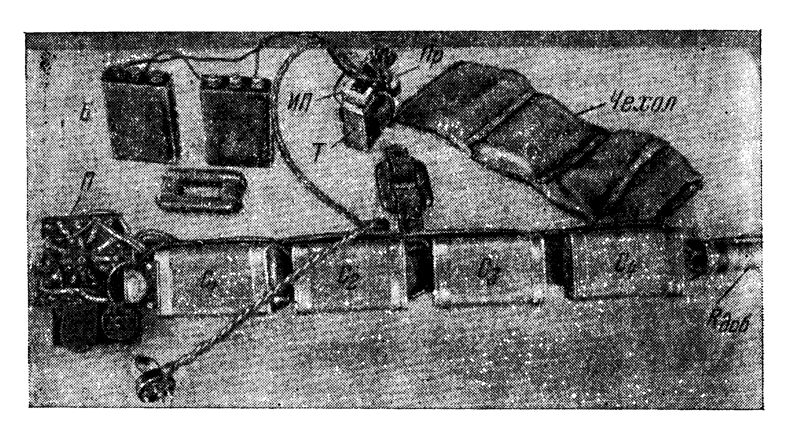
Фиг. 28. Устройство переключателя конденсаторов.

высокое напряжение на зарядку конденсаторов. Когда четырехполюсная вилка вынута из гнезд, первичная цепь трансформатора оказывается разомкнутой, а цепь зарядки конденсаторов отключенной от высокого напряжения.

Два аккумулятора типа НКН-10 размещаются в чехле, рядом с трансформатором. Чехол имеет петли, предназначенные для крепления его на поясе (при измерении изоляции контактной сети трамвая или троллейбуса чехол для удобства переноски подвешивается на пояс).

Во втором конструктивном узле помещены конденсаторы $C_1 \div C_4$, добавочное сопротивление, микроамперметр со шка-

лой на 100 *мка*, переключатель *П* и четырехполюсная штепсельная розетка. Этот узел прибора собран на деревянной узкой планке, которая прикрепляется хомутиками к бамбуковой штанге диаметром 55 *мм*. На конце штанги укрепляются смонтированные на изоляционной планке из текстолита два контактных крючка. Крепление планки не-



Фиг. 29. Внешний вид приспособленного для переноски на поясе прибора для измерения изоляции.

обходимо выполнить так, чтобы она могла поворачиваться на 90°. Это необходимо для удобства измерения горизонтально и вертикально расположенных изоляторов. Монтаж выполняется проводом ПР-500. Для повышения надежности изоляции провод заключен в резиновые трубки с внутренним диаметром 5 и наружным 6,5 *мм*.

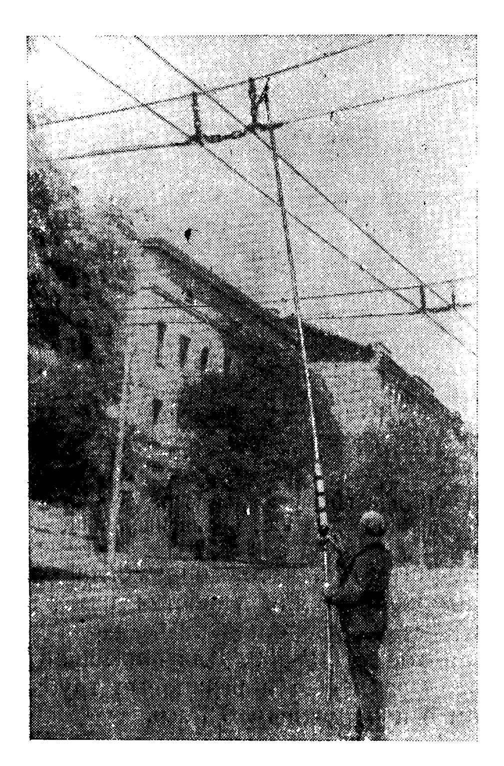
Производство измерений

Конструкция прибора должна гарантировать полную безопасность измерений под напряжением. Добавочное сопротивление поэтому лучше разделить на два сопротивления по 7,5 *мгом* и включить в оба провода.

Заряда конденсаторов хватает для измерения изоляции 20—30 изоляторов. В сухую погоду конденсаторы держат заряд около получаса (несмотря на утечки в монтаже, переключателе и т. д.).

Степень заряда конденсаторов проверяется следующим образом: штанга вешается контактными крючками на оттяжку. При этом контакты прибора замыкаются накоротко и микроамперметр показывает силу тока, характеризующую

степень заряда конденсаторов. Если необходимо, то в этом положении (т. е. при замкнутых контактах) производится подзарядка конденсаторов путем включения четырехполюсной вилки. Заряд ведется до нормального напряжения (т. е. до полного отклонения стрелки микроамперметра).



Фиг. 30. Процесс измерения качества изоляторов троллейбусной контактной сети.

Благодаря высокому напряжению, при котором производится измерение изоляции, плохие контакты с ржавой арматурой изоляторов и оттяжек не играют никакой роли. Показания прибора почти не зависят от состояния переходного сопротивления контактов.

Процесс измерения сопротивления изоляции изображен на фиг. 30.

Неоднократная проверка прибора в эксплуатационных условиях подтвердила его положительные качества.

БАЛАНСНЫЙ ФОТОКОЛОРИМЕТР С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ СВЕТА

(Экспонат И. В. БУСЛЕРА и О. П. КРАМАРОВА, г. Ростов н/Д)

Для определения концентрации тех или иных растворов часто применяются весовой и объемный методы количественного анализа. Методы эти очень сложны, трудоемки (особенно при определении малых концентраций) и доступны лишь хорошо оборудованным химическим лабораториям.

Наиболее простым, хотя и менее точным, методом определения концентрации веществ в растворах является колориметрический метод.

Колориметрический метод заключается в определении содержания количества вещества в растворе по его цвету и прозрачности. Для исследования какого-либо раствора этим методом необходимо иметь эталонные растворы определенных концентраций, с которыми можно было бы сравнивать испытуемые растворы.

В целях упрощения способа сравнения и уменьшения количества эталонных растворов применяются специальные оптические приборы, называемые колориметрами.

Колориметр имеет окуляр с разделенным на две части полем зрения. Для исследования концентрации какого-либо вещества в растворе берут пробу этого раствора и наполняют ею один из стеклянных сосудов колориметра. Другой такой же сосуд колориметра наполняют эталонным раствором заведомо известной концентрации. Затем при помощи регулировочного механизма устанавливают оптическую систему прибора в такое положение, чтобы в окуляре обе половины поля зрения были окрашены одинаково. После этого либо расчетным путем, либо непосредственно по отградуированной шкале колориметра определяют искомую концентрацию исследуемого раствора.

Колориметрический метод является субъективным методом, дающим ту или иную погрешность в зависимости от навыка исследователя, концентрации раствора и качества оптической системы прибора. Колориметры—дорогостоящие приборы, и при этом они не удовлетворяют тем требованиям, которые в отдельных конкретных случаях предъявляются к количественному анализу того или иного вещества. В настоящее время все большее и большее распространение

получает так называемый фотоколориметрический метод определения концентрации веществ в растворах.

Фотоколориметрический метод отличается от колориметрического тем, что в нем человеческий глаз заменен фотоэлементом, позволяющим получать объективные результаты исследования, не зависящие от способности исследователя, т. е. с большей или меньшей точностью устанавливать одинаковость окраски двух половинок поля зрения в окуляре.

Известно несколько схем фотоколориметров, широко применяемых в настоящее время во многих научно-исследовательских и заводских лабораториях.

Самым простым прибором этого типа является фотоколориметр прямого действия.

Один из вариантов такого фотоколориметра был изготовлен и предложен на 8-ю Всесоюзную радиовыставку радиолюбителем М. П. Курочкиным (г. Грозный) *.

Устройство такого колориметра следующее: на пути источника света, направленного на фотоэлемент, помещаются оптическая система, светофильтр из цветного стекла, кювета с исследуемым веществом и диафрагма. Измерением тока фотоэлемента специально проградуированным гальванометром можно определять концентрацию подлежащих исследованию растворов.

Такой фотоколориметр очень прост в изготовлении, но он обладает рядом недостатков, снижающих точность измерений и ограничивающих область его применения.

Основным недостатком такого прибора является сильное влияние непостоянства интенсивности свечения источника света на точность измерения. Это исключает возможность накаливания нити лампы непосредственно от осветительной сети и выдвигает требование обязательной стабилизации напряжения источника питания. В случае использования в качестве источника тока аккумулятора на результатах измерений сказываются постоянное снижение его напряжения и изменение сопротивления нити накала лампы, зависящее от степени ее накала и от распыления ее со временем. Таким образом, у такого прибора имеются переменные факторы, которые могут влиять на постоянство интенсивности свечения источника света. Сильное влияние

* Описание фотоколориметра М. П. Курочкина помещено в брошюре „Радиолюбительская аппаратура в народном хозяйстве", Госэнергоиздат, 1950.

на точность измерения оказывает также явление, называемое утомляемостью фотоэлемента.

Несколько более совершенной является балансная схема фотоколориметра. В этой схеме по существу одновременно используются два фотоколориметра прямого действия, работающие от общего источника света и нагруженные на общий мост сопротивлений с гальванометром, включенным в качестве нуль-индикатора.

На пути между двумя лучами света, создаваемыми одним источником, и между двумя фотоэлементами помещаются две кюветы (специальные стеклянные сосуды), наполненные раствором.

При равной концентрации раствора на оба фотоэлемента попадают равные количества света. Изменением соотношения сопротивлений плеч с помощью потенциометра осуществляют балансировку моста и установку стрелки гальванометра на нуль. Если теперь в одной из кювет стандартный раствор заменить исследуемым, равновесие моста нарушится и зайчик зеркального гальванометра отклонится в сторону от нулевого положения.

Равновесие моста может достигаться либо регулировкой светового потока на пути к одному из фотоэлементов с помощью градуированной диафрагмы, либо изменением соотношения сопротивлений плеч моста при помощи потенциометра. Отсчет концентрации соответственно ведется по одной из заранее отградуированных шкал: или по шкале диафрагмы, или по шкале ручки потенциометра.

Эта схема свободна от основного недостатка прибора прямого действия — от влияния нестабильности источника света на точность измерения. В балансной схеме изменение интенсивности свечения источника света ведет к одновременному изменению освещенности обоих фотоэлементов, и поэтому отношение их освещенностей остается постоянным.

Вследствие этого в фотоколориметре, собранном по балансной схеме, возможно питать источник света от сети переменного или постоянного тока без применения стабилизации напряжения.

Требования к чувствительности гальванометра в случае применения данной схемы возрастают. Это объясняется тем, что в данной схеме гальванометр реагирует на сравнительно небольшую по величине разность токов, протекаемых через два фотоэлемента.

Основная сложность осуществления данной схемы заключается в трудности подбора двух фотоэлементов с абсолютно одинаковыми характеристиками. Наличие зеркального гальванометра не позволяет сделать этот прибор переносным и ограничивает возможность его использования в стационарных условиях.

Отмеченные недостатки можно устранить, применив балансную схему фотоколориметра с одним фотоэлементом *. Эта схема является одной из самых совершенных схем фотоколориметров. В ней источник света, питаемый от сети переменного тока, при помощи системы зеркал или призм, примененных в сочетании с фокусирующими линзами, посылает два параллельных пучка света. Эти пучки проходят через самостоятельные диафрагмы, светофильтры и кюветы и падают на один общий фотоэлемент, где они концентрируются на одной и той же площади его катода.

На пути световых лучей установлен вращающийся с помощью мотора диск с отверстиями. Диск этот поочередно прерывает световые лучи, поступающие через кюветы к фотоэлементу. Вследствие этого фотоэлемент освещается прерывистыми, чередующимися импульсами света, интенсивность которых зависит от степени окраски, а следовательно, и от концентрации растворов.

Неравные световые импульсы вызывают различный по амплитуде фототок, в результате которого на нагружающем фотоэлемент сопротивлении создается падение напряжения, содержащее переменную составляющую. Эта переменная составляющая через конденсатор подается на вход лампового усилителя переменного тока. Снимаемое с выхода усилителя напряжение воздействует на какой-либо индикатор, например на стрелочный прибор или на оптический индикатор, т. е. лампу типа 6Е5С. Компенсация в этой схеме может быть применена только оптическая. Компенсирующее приспособление должно обеспечить возможность уравнивания фототоков, образуемых двумя световыми лучами. В момент точной компенсации переменная составляющая на входе усилителя будет равна нулю, а следовательно, и напряжение на его выходе, т. е. на индикаторе, будет отсутствовать.

---

* С описанием балансных схем фотоколориметров с двумя и одним фотоэлементом можно более подробно познакомиться по книге Ф. Е. Темникова и Р. Р. Харченко, „Электрические измерения неэлектрических величин“, Госэнергоиздат, 1948.

Приборы, собранные по такой схеме, при всех своих достоинствах (применение одного фотоэлемента и независимость измерений от колебаний сети) довольно сложны по устройству их механической, оптической и электрической частей, а следовательно, дороги в изготовлении. Это ограничивает их применение в широкой лабораторной и заводской практике.

В связи с тем, что все вышеописанные схемы или обладают существенными недостатками, или очень сложны и дороги в изготовлении, авторами была сделана попытка сконструировать и изготовить прибор, в некоторой мере свободный от этих недостатков и в то же время недорогой в изготовлении. Большое внимание было обращено также на упрощение конструкции прибора.

За счет применения комбинированных ламп можно еще больше упростить и удешевить описываемый прибор с тем, чтобы он стал доступным для изготовления силами малоквалифицированных радиолюбителей, имеющих в своем распоряжении простейшие приборы для налаживания радиоаппаратуры.

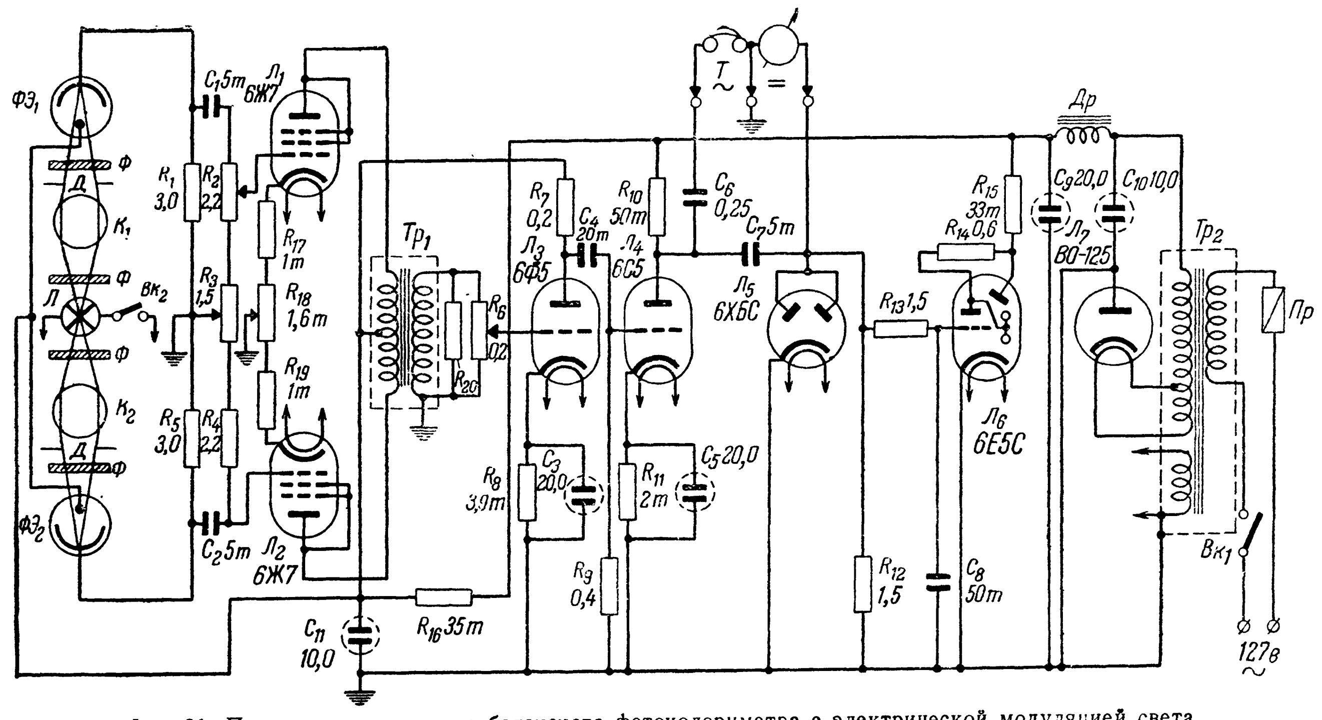
Принцип действия балансного фотоколориметра с электрической модуляцией света

Описываемая конструкция при своей простоте и дешевизне в изготовлении может быть построена силами радиолюбителей и использована в лабораторной или заводской практике. Отсутствие зеркального гальванометра, оптической фокусирующей системы и механических деталей делает прибор легко переносимым и не требовательным к условиям работы.

При использовании лампочки, обладающей небольшой яркостью света, прибор допускает фотоколориметрирование растворов как с очень малой, так и с очень большой концентрацией. Это является серьезным преимуществом описываемого прибора по сравнению с получившими распространение фотоколориметрами, требующими при работе с растворами большой концентрации применения зеркального гальванометра и источника света повышенной интенсивности.

Особенностью прибора является использование электрической модуляции света, излучаемого лампочкой фотоколориметра.

Принципиальная схема разработанного авторами прибора изображена на фиг. 31.



Фиг. 31. Принципиальная схема балансного фотоколориметра с электрической модуляцией света.

Лампочка $Л$ питается переменным током непосредственно от цепи накала усилительных ламп прибора. Обладая малой тепловой инерцией (благодаря сравнительно тонкой нити), эта лампочка при питании переменным током 50 *гц* излучает не равномерный, а пульсирующий световой поток. Частота пульсации светового потока равна удвоенной частоте питающего лампочку переменного напряжения. Глубина модуляции будет тем больше, чем тоньше нить лампы, так как с уменьшением толщины нити уменьшается ее тепловая инерция.

После ряда экспериментов и испытаний различных типов ламп авторы остановились на лампочке с напряжением в 6,3 *в* и потреблением тока 0,25 *а*, применяемой для освещения шкал радиоприемников. Эта лампочка наиболее распространена и обладает в то же время достаточной интенсивностью, малой тепловой инерцией и по характеру излучения приближается к точечному источнику света.

Излучаемый лампочкой $Л$ пульсирующий световой поток, пройдя через светофильтры $Ф$, диафрагмы $Д$ и кюветы — пробирки K_1 и K_2, фокусируется последними (в случае, если они заполнены жидкостью) на катодах фотоэлементов $ФЭ_1$ и $ФЭ_2$.

Применение пробирок в качестве кювет, одновременно выполняющих роль цилиндрических линз, и расположение фотоэлементов в фокусе лучей, собираемых заполненными жидкостью кюветами, позволило обойтись без всякой дополнительной фокусирующей оптической системы.

Пульсирующий световой поток вызывает пульсацию фототоков, протекающих в цепи обоих фотоэлементов. Постоянные составляющие фототоков вызывают падения напряжения на нагрузочных сопротивлениях фотоэлементов R_1 и R_5. Переменные составляющие фототоков через конденсаторы C_1 и C_2 подаются в одинаковой фазе с нагрузочного сопротивления R_4 одного фотоэлемента непосредственно, а с потенциометра R_2, являющегося нагрузкой второго фотоэлемента, — через его ползунок на управляющие сетки ламп 6Ж7 (6J7) первого каскада усиления ($Л_1$ и $Л_2$). В анодные цепи этих ламп включена обмотка дифференциального трансформатора $Тр_1$.

При равной прозрачности (окраске) растворов в кюветах K_1 и K_2 на катодах фотоэлементов $ФЭ_1$ и $ФЭ_2$ фокусируется равный по интенсивности световой поток, вызывающий одинаковую по величине переменную составляющую фототока в цепях фотоэлементов. В этом случае при уста-

новлении движка потенциометра R_2 на максимум усиления (нуль по шкале отсчета) на сетках ламп первого каскада усилителя будут действовать переменные составляющие фототоков, равные по фазе и величине. Это вызовет одновременное изменение анодных токов, протекающих через обе эти лампы, а следовательно, и возникновение одинаковых по величине встречных магнитных потоков в дифференциальном трансформаторе $Тр_1$, которые будут компенсировать друг друга. Поэтому на концах вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$ не будет возникать переменное напряжение.

Сопротивление R_3, как уже отмечалось, служит для балансировки сеточных цепей, а также для уравнения амплитуд помех, поступающих на управляющие сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$. Переменное сопротивление R_{18} в цепи катодов ламп $Л_1$ и $Л_2$ служит также для начальной балансировки прибора.

Как видно из схемы, сопротивления смещения R_{17}, R_{18} и R_{19} в катодах этих ламп не блокированы емкостями, благодаря чему в первом каскаде усилителя создается довольно значительная отрицательная обратная связь по току.

Если после балансировки схемы потенциометром R_{18} стандартный раствор (растворитель) в кювете $К_1$ заменить исследуемым раствором, оставив в кювете $К_2$ растворитель, то равенство интенсивности световых потоков, падающих на катоды фотоэлементов, нарушится. Это повлечет за собой нарушение равенства фототоков, а следовательно, и равенства токов в первичной обмотке трансформатора $Тр_1$.

В результате этого во вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$ будет индуктироваться переменное напряжение, обладающее частотой модуляции света, т. е. 100 *гц*. Это напряжение поступает через потенциометр R_6 (регулировка чувствительности) на сетку лампы $Л_3$ типа 6Ф5, усиливается последней и затем через разделительный конденсатор C_4 подводится к управляющей сетке лампы $Л_4$ типа 6С5 следующего каскада усилителя.

Оба эти каскада работают в обычном режиме усиления переменного тока. Единственной особенностью каскада на лампе $Л_4$ является несколько увеличенная против обычного анодная нагрузка, выбранная из соображения повышения коэффициента его усиления при достаточной отдаваемой мощности. Некоторый запас выходной мощности необходим в случае подключения в качестве индикатора громкоговорителя, что очень удобно, например, при лекционной демон-

страции опытов. Громкоговоритель подключается непосредственно к аноду лампы $Л_4$ через конденсатор C_6 емкостью 0,25 *мкф*.

Через емкость C_7 переменное напряжение с анода лампы $Л_4$ подается на аноды двойного диода типа 6Х6С (6Х6М). Выделяющееся на нагрузке R_{12} этой лампы напряжение через фильтр C_8 подводится с отрицательным знаком к сетке оптического индикатора настройки 6Е5С ($Л_6$) и сужает его теневой сектор.

Для отсчета степени концентрации раствора переменные напряжения, поступающие на управляющие сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$, уравниваются при помощи потенциометра R_2, схема балансируется, индикатор на выходе показывает отсутствие переменного напряжения. При этом отсчет концентрации исследуемого раствора производится по стоградусной шкале потенциометра.

Для индикации баланса, кроме громкоговорителя и оптического индикатора настройки, могут быть применены стрелочные приборы переменного и постоянного тока. Первые включаются вместо громкоговорителя, а вторые — в специальные гнезда, устанавливаемые параллельно нагрузке R_{12} диодного детектора ($Л_5$).

Прибор питается от выпрямителя, собранного по однополупериодной схеме. Из-за больших требований, предъявляемых к фильтрации напряжения, питающего фотокаскад, в выпрямителе применен двухзвенный фильтр, состоящий из электролитических конденсаторов C_9, C_{10}, C_{11}, дросселя *Др* и активного сопротивления R_{16}.

Используемые в приборе детали

Дифференциальный трансформатор $Тр_1$ намотан на каркасе с сердечником из трансформаторной стали. Сечение керна 3 *см²*. Первичная обмотка состоит из двух частей, содержащих по 3 500 витков провода ПЭ 0,1. Вторичная обмотка имеет 7 000 витков провода ПЭ 0,08.

Силовой трансформатор $Тр_2$ применен готовый типа ТС-26. У него лишь перемотана обмотка накала ламп под рабочее напряжение 6,3 *в*. В приборе может быть использован и любой другой силовой трансформатор, расчетные данные которого совпадают с данными трансформатора ТС-26.

Дроссель фильтра *Др* намотан на каркасе с сердечником из трансформаторной стали. Сечение керна 3 *см²*. Обмотка состоит из 800 витков провода ПЭ 0,12.

Все конденсаторы и сопротивления должны иметь малые температурные коэффициенты. Особое внимание следует уделить подбору конденсаторов C_1 и C_2, сопротивление изоляции которых должно быть порядка 500 *мгом*.

Лампы первого каскада типа 6Ж7 желательно подобрать по току эмиссии и по коэффициенту усиления, так как у отдельных экземпляров их бывает слишком большой и недопустимый разброс этих параметров.

Фотоэлементы $ФЭ_1$ и $ФЭ_2$ применены типа СЦВ3. Фотоэлементы этого типа обладают меньшей чувствительностью, чем фотоэлементы типа ЦГ-3. Однако они лучше подходят для использования в фотоколориметре, так как обладают более равномерной характеристикой чувствительности катода и отличаются меньшей утомляемостью.

Поскольку первый каскад прибора является балансным усилителем, участвующие в его работе фотоэлементы, так же как и лампы $Л_1$ и $Л_2$, должны быть подобраны. Очень важно, чтобы их характеристики были, по возможности, одинаковыми. Подбор фотоэлементов осуществляется на основе их паспортных данных или опытным путем непосредственно в приборе.

Светофильтры $Ф$ подбираются, исходя из общих для всех фотоколориметров требований, в зависимости от цветности исследуемых растворов. Они обеспечивают работу в монохроматическом свете, что повышает чувствительность прибора и делает более равномерной его характеристику.

Потенциометр R_2 может быть как линейным, так и логарифмическим в зависимости от того, какую шкалу концентрации веществ в растворах желательно получить.

Для изготовления кювет K_1 и K_2 используются обычные пробирки диаметром 14 и высотой 85 *мм*. Кюветы имеют полезный объем всего лишь 3 *см*^{3}, что позволяет при исследовании применять небольшие количества изучаемых растворов.

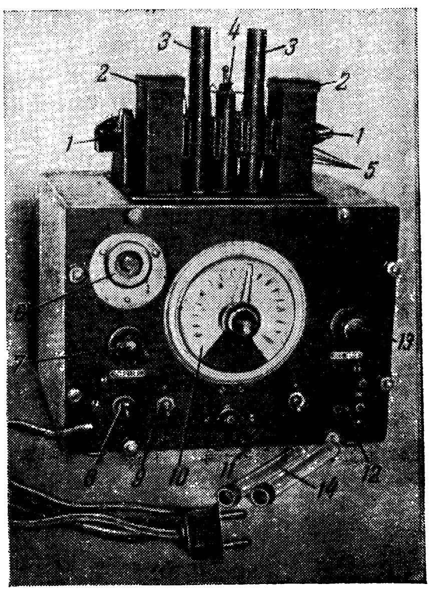
Конструктивное выполнение прибора и его монтаж

Конструктивно прибор состоит из двух частей: электрической и оптической.

Электрическая часть прибора, за исключением двух фотоэлементов, собрана на угловом шасси, изготовленном из дюралюминия толщиной 1,5 *мм* с вертикальной передней панелью.

На этой вертикальной панели (фиг. 32) углового шасси в центре находятся шкала и ручка со стрелкой потенциометра. В левом верхнем углу помещен индикатор оптической настройки 6Е5С, а под ним — ручка регулятора чувствительности.

Внизу на панели находятся два выключателя: левый для включения прибора и правый — для включения лампочки оптической системы. Между выключателями в центре находится лампочка, сигнализирующая о включении прибора.



Фиг. 32. Внешний вид фотоколориметра (с оптической части прибора сняты кожух и колпачки, прикрывающие кюветодержатели).

1—ручки диафрагм; *2*—камеры фотоэлементов; *3*—гнезда для кювет; *4*—камера для лампочки *Л*; *5*—кассеты для фильтров; *6*—индикатор (лампа 6Е5С); *7*—потенциометр R_6; *8*—предохранитель; *9*—выключатель $Вк_2$; *10*—потенциометр R_2; *11*—выключатель $Вк_1$; *12*—гнезда для включения индикаторов; *13*—потенциометр R_{18}; *14*—кюветы.

На горизонтальной панели углового шасси (фиг. 33) расположены лампы, силовой и дифференциальный трансформаторы, электролитические конденсаторы и другие детали. При расположении деталей на шасси необходимо обратить особое внимание на экранировку трансформаторов $Тр_1$ и $Тр_2$. Малейшие наводки на дифференциальный трансформатор создают фон, значительно снижающий точность настройки прибора при компенсации.

В описываемой конструкции трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ экранированы — первый кожухом из железа толщиной 1 *мм*, а второй — кожухом из железа толщиной 2 *мм*. Кроме того, оба трансформатора расположены на шасси так, чтобы направления их магнитных полей были взаимно перпендикулярны. Несмотря на принятые меры, наводка на дифференциальный трансформатор обнаруживалась и была сведена к нулю лишь шунтированием вторичной его обмотки сопротивлением R_{20} величиной в 2 700 *ом*. Необходимо заметить, что

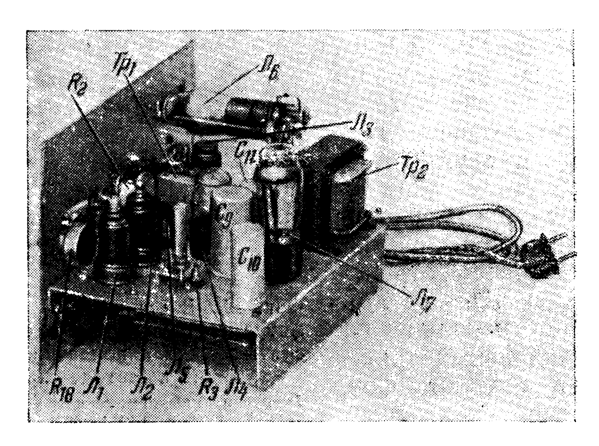
это шунтирование почти не вызвало снижения уровня полезного сигнала.

Провода, включающие в схему фотоэлементы $ФЭ_1$ и $ФЭ_2$, должны иметь хорошую изоляцию.

Экранировка сеточных проводов ведет к увеличению емкости на землю и появлению фазовых сдвигов, затрудняющих настройку прибора. После ряда экспериментов авторы оставили сеточные цепи вообще неэкранированными.

Угловая панель со смонтированной на ней электрической частью вдвигается в деревянный ящик, экранированный внутри латунью толщиной 0,5 *мм*, и крепится болтами со стороны передней панели.

Ящик использован готовый от волномера типа КВ-5. На верхней части ящика укреплена оптическая часть, смонтированная на латунной пластине размерами $160 \times 95 \times$ $\times 4$ *мм*. Все детали крепятся к пластине с помощью пайки.



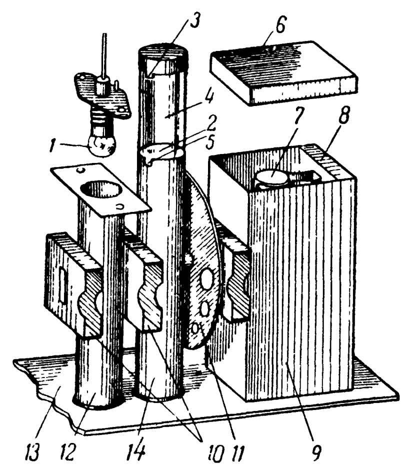
Фиг. 33. Угловое шасси фотоколориметра (экран с трансформатора $Тр_2$ снят).

В центре припаяна камера для лампочки накаливания, вставляемой и укрепляемой сверху, как показано на фиг. 34. Патрон этой лампочки можно несколько перемещать, это позволяет предварительно уравнивать освещенность фотоэлементов.

Сама камера для осветителя изготовлена из латунной трубки диаметром 16 *мм*, к ней по бокам припаяны карманы для фильтров. В каждом кармане с обеих сторон пропилены щели длиной 15 *мм* и шириной 5 *мм*. Такие же щели пропилены с обеих сторон трубки осветителя.

Гнезда для кювет сделаны из таких же латунных трубок, припаянных к общему основанию на одной линии с осветителем. Эти трубки имеют точно такие же щели, как в камере осветителя и на карманах для светофильтров, расположены они на одной высоте от основания и на одной линии по ходу световых лучей.

Кюветы (пробирки) вставляются в гнезда и фиксируются в определенном положении с помощью специальных колец с выступами (фиксаторами, фиг. 34). Такое кольцо надевается на верхний конец кюветы, а его фиксатор входит в вырез, имеющийся на конце трубки кюветодержателя. Это необходимо для того, чтобы кювета при всех измерениях вставлялась в свой держатель всегда одной и той же стороной к осветителю, что способствует повышению точности повторных измерений и наибольшему совпадению результатов этих измерений с данными, полученными при градуировке прибора по эталонным растворам. Кюветы необходимо снабдить метками и не менять местами при любых измерениях.



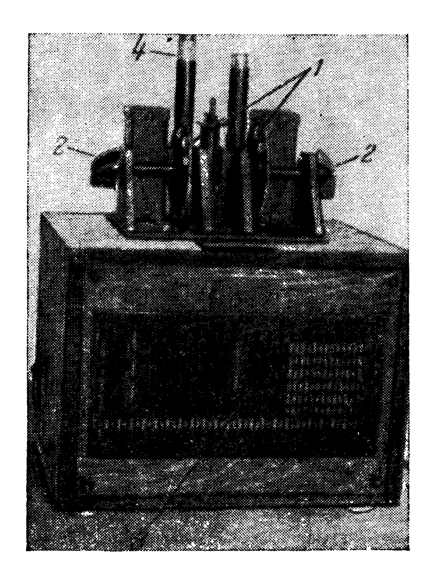
Фиг. 34. Правая половина оптической части фотоколориметра (левая половина имеет аналогичную конструкцию и расположена симметрично по отношению к изображенной половине).

1—лампочка *Л*; *2*—гнездо для кюветы; *3*—кольцо с фиксатором; *4*—пробирка; *5*—вырез; *6*—крышка камеры фотоэлемента; *7*—фотоэлемент; *8*—пластинка из органического стекла; *9*—камера фотоэлемента; *10*—карманы для фильтров; *11*—диафрагма; *12*—камера для лампочки; *13*—пластина из латуни; *14*—камера кюветодержателя.

Фотоэлементы $ФЭ_1$ и $ФЭ_2$ помещаются в специальных камерах, сделанных из латуни толщиной 1 *мм* и имеющих такие же, как было описано выше, карманы для светофильтров со щелями для прохода световых лучей. Швы у этих камер тщательно спаиваются.

Между камерами для фотоэлементов и гнездами кювет находятся два металлических диска с пятью отверстиями различной величины в каждом из них. Диски эти выполняют роль диафрагм, они укреплены на осях и с помощью специальных ручек управления могут раздельно поворачи-

ваться. Около ручек на панелях наносится по пять отметок, совпадение которых с указателями ручек соответствует правильному положению диафрагм. Поворотом дисков-диафрагм можно устанавливать различные сочетания их положений на пути световых лучей, идущих к левому и правому фотоэлементам. Устройство диафрагм видно на фиг. 34 и 35.



Фиг. 35. Вид на фотоколориметр с задней стороны.

1—диски диафрагм; *2*—ручки управления диафрагмами; *3*—металлическая сетка для улучшения охлаждения прибора; *4*—кювета в кюветодержателе.

Вся оптическая часть прибора закрывается кожухом. Снаружи остаются лишь ручки для вращения диафрагм и выступающие на $30 \div 40$ *мм* верхние части гнезд для кювет.

После установки кювет в гнезда их сверху прикрывают колпачками для предохранения от проникновения прямых лучей света и пыли.

На лицевой стороне кожуха оптической части прибора имеется съемная крышка, открывающая доступ к кассетам светофильтров.

При монтаже схемы с сопротивлением R_1 соединяется правый фотоэлемент $ФЭ_1$. Соответственно правое гнездо кюветодержателя служит для помещения в него кюветы с исследуемым раствором.

Налаживание прибора

Налаживание прибора начинается с подгонки режимов работы ламп и напряжений источников питания. Основные данные режимов указаны в табл. 4.

После проверки режимов ламп приступают к налаживанию усилительной части прибора, начиная со второго его каскада и кончая электронным индикатором. На разборе порядка настройки второго и последующих каскадов усилителя нет необходимости останавливаться, так как они собраны по обычным схемам, способ налаживания которых общеизвестен.

Таблица 4

Обозначения по схеме	Типы ламп	Напряжение накала, *в*	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение смещения на управляющей сетке, *в*
$Л_1$ и $Л$	6Ж7	6,3	110	—3,6
$Л_3$	6Ф5	6,3	100	—1,5
$Л_4$	6С5	6,3	133	—4,2
$Л_7$	ВО-125	3,8	325	—
После первой ячейки фильтра	—	—	285	—
После второй ячейки фильтра	—	—	112	—

Примечание. Анодные и сеточные напряжения замерялись вольтметром с сопротивлением 5 000 *ом* на вольт.

Последним по порядку настраивается первый, т. е. симметричный каскад этого усилителя. Для этого надо управляющие сетки обеих его ламп ($Л_1$ и $Л_2$) соединить вместе и на них подать с делителя переменное напряжение порядка нескольких десятых вольта (по отношению к шасси) при частоте 50 *гц*. Так как поданное в фазе напряжение на управляющие сетки обеих ламп вызовет одновременное изменение анодного тока, проходящего через эти лампы и через первичную обмотку трансформатора $Тр_1$, встречные магнитные потоки в этом трансформаторе будут взаимно компенсироваться. В результате на управляющую сетку триодной части индикатора 6Е5С не будет поступать напряжение и поэтому его теневой сектор должен быть раскрыт до максимума.

Если этого не произойдет, значит первые две лампы обладают разными коэффициентами усиления. Тогда при помощи потенциометра R_{18} надо постепенно изменять коэффициенты усиления ламп $Л_1$ и $Л_2$ до получения полного раскрытия теневого сектора индикатора при максимальной чувствительности. При хорошо подобранных лампах $Л_1$ и $Л_2$ сопротивления, включаемые в цепи их катодов, должны быть примерно одинаковой величины.

После этого прибор включается по нормальной схеме. Пробирки заполняются водой (или каким-либо растворителем). Заполнять их можно всего на 25 ÷ 30 *мм*, т. е. так, чтобы уровень жидкости был чуть выше верхнего края щели для прохождения света в кюветодержателе.

Потенциометр R_2 устанавливается в положение, соответствующее максимуму усиления (нуль шкалы). Диафрагмы (диски) устанавливаются на максимальные отверстия. Перемещением лампочки осветителя в держателе следует добиться увеличения теневого сектора индикатора $Л_6$, а затем с помощью потенциометра R_3 добиваться максимального раскрытия этого сектора и получения резкого и четкого его края.

На этом заканчивается налаживание фотоколориметра. Дальше можно приступить к его градуировке.

Порядок работы с прибором

Порядок работы с прибором следующий. Прибор включают в осветительную сеть переменного тока с напряжением 127 *в*, 50 *гц* (в случае применения силового трансформатора типа ТС-26, рассчитанного на работу только от напряжения сети 127 *в*) и дают ему прогреться в течение 10 — 15 мин.

В течение этого времени вставляют в гнезда кюветодержателей наполненные одинаковыми растворами (растворителем) обе кюветы, устанавливают диафрагмы на максимальные отверстия, а также ручку «баланс» R_2 — на нулевое деление, включают лампочку осветителя колориметра (правый выключатель), устанавливают ручку «чувствительность» R_6 в среднее положение и ручкой «установка нуля» R_{18} добиваются максимального расхождения теневого сектора электронного индикатора 6Е5С.

Добившись расхождения теневого сектора индикатора, устанавливают наибольшую чувствительность прибора (регулируя R_6) и ручкой «установка нуля» R_{18} более точно определяют положение, при котором теневой сектор индикатора будет максимальным.

Теперь необходимо произвести градуировку прибора, т. е. составить градуировочную таблицу и график. Для этого в правую кювету поочередно наливают эталонные растворы с известными концентрациями, а лимбом «баланс» R_2 находят соответствующие им деления шкалы и заносят эти данные в таблицу. По данным градуировочной таблицы строят график и в дальнейшем им пользуются при измерениях.

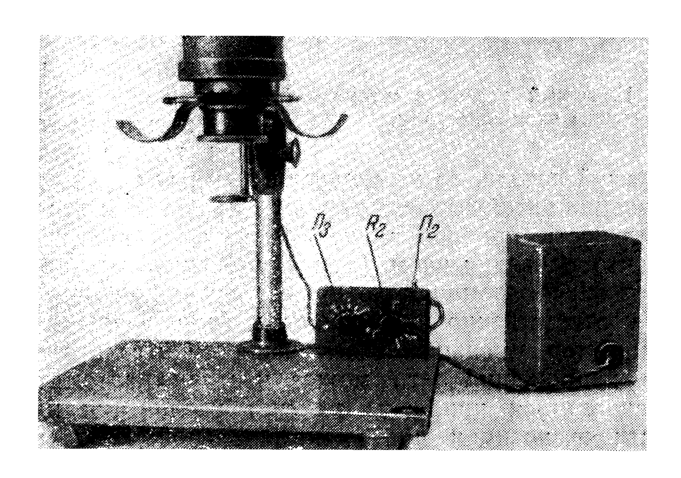
Когда прибор отградуирован, в правую кювету вместо растворителя наливают исследуемый раствор и ручкой «баланс» R_2 производят настройку (не трогая ручки «установ-

ка нуля» R_{18}) на максимум теневого сектора индикатора. Деление, на котором окажется ручка «баланс» R_2, будет соответствовать по градуировочной кривой искомой концентрации.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЭКСПОНОМЕТР — РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

(Экспонат В. В. АНИКЕЕВА, г. Москва)

Прибор предназначен для автоматического отсчета выдержки времени при фотографической печати и может быть применен как при работе с увеличителем (фиг. 36), так и при контактной печати (фиг. 37).



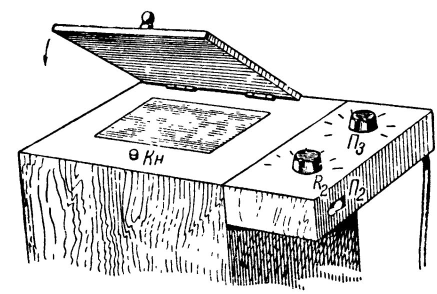
Фиг. 36. Фотоувеличитель с автоматическим экспонометром.

Прибор может быть полезен и в других случаях, а именно, когда возникает необходимость включения какой-либо электрической схемы на определенный, заранее заданный, промежуток времени и последующее автоматическое ее выключение.

Диапазон устанавливаемых прибором экспозиций перекрывается с помощью двух ручек управления. Одна ручка, находящаяся на оси переключателя, предназначается для грубой регулировки длительности выдержек и при крайнем левом положении второй ручки обеспечивает следующие экспозиции: 0,75, 1,5, 3, 6, 12, 24, 48 сек. С по-

мощью второй ручки, предназначенной для плавной регулировки экспозиции, любую из установленных первой ручкой длительностей выдержки можно увеличить с коэффициентом, лежащим в пределах от единицы до двойки.

Таким образом, описываемая конструкция прибора позволяет делать любые экспозиции в пределах от 0,75 до 96 сек.



Фиг. 37. Печатный станок с автоматическим экспонометром.

Примененное в приборе кратное изменение выдержек очень удобно для фотографических работ.

Прибор питается от сети переменного тока напряжением 127 *в*. Изменение напряжения сети в пределах ±20% очень мало сказывается на стабильности его работы.

Если прибор предназначен только для фотографической печати, то не следует стремиться к тщательной стабилизации питающих его напряжений, так как небольшая нестабильность прибора может быть даже полезна, если учесть, что с увеличением (или с уменьшением) напряжения сети определяемая положением ручек прибора экспозиция соответственно уменьшается (или увеличивается). Так, например, уменьшение освещенности негатива с понижением напряжения сети может частично автоматически компенсироваться прибором за счет увеличения им длительности экспозиции против номинальной, соответствующей положению ручек управления.

Принцип действия прибора

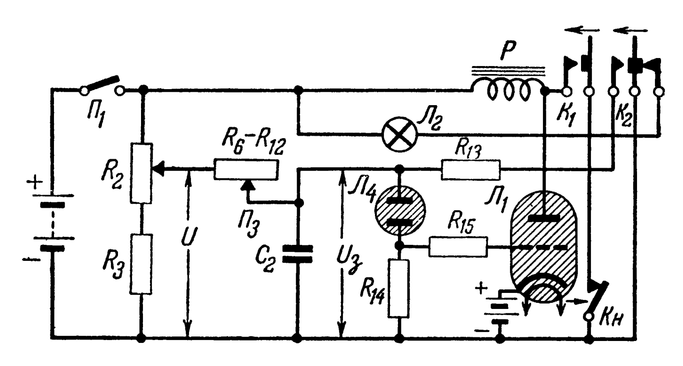
Для того чтобы разобраться в принципе действия прибора, рассмотрим изображенную на фиг. 38 упрощенную его схему.

Работа прибора основана на использовании нестационарного процесса заряда конденсатора C_2 через активные сопротивления $R_6 \div R_{12}$. Время t, в течение которого произойдет заряд конденсатора C_2 до определенного напряжения, например до напряжения $U_з$ зажигания неоновой лампочки $Л_4$, как известно, зависит от величины этого напряжения $U_з$, от напряжения источника питания U, от ве-

личины сопротивления цепи (в схеме фиг. 38 сопротивление соответствует одной из комбинаций $R_6 \div R_{12}$, определяемой положением переключателя $П_3$) и от величины емкости названного конденсатора. Зависимость эта выражается формулой

$$t = -RC_2 \ln\left(\frac{U-U_з}{U}\right),$$

где t — время, *сек.*;
R — сопротивление, *ом*;
C_2 — емкость конденсатора, *ф*;
ln — натуральный логарифм;
U — напряжение источника, *в*;
$U_з$ — напряжение зажигания неоновой лампочки, *в*.



Фиг. 38. Упрощенная схема автоматического экспонометра.

Как видно из приведенной формулы, время зарядки конденсатора C_2 можно изменять, увеличивая или уменьшая независимые переменные величины R, C_2, U и $U_з$. В описываемом приборе C_2 и $U_з$ остаются постоянными, а регулировка экспозиции осуществляется изменением R и U, причем R изменяется скачками с помощью переключателя $П_3$, а U — плавно посредством переменного сопротивления R_2, включенного потенциометром в цепочку делителя напряжения.

Для того чтобы с помощью прибора можно было включить на желаемые выдержки времени лампу увеличителя $Л_2$ (или лампу печатного станка), экспонометр должен быть подготовлен к работе.

До включения переключателем $П_1$ источника питания необходимо установить переключатель $П_3$ на контакты *6*

или 7, соответствующие минимальным длительностям экспозиции (в зависимости от положения ручки потенциометра R_2) 24 и 48 сек. Это необходимо для того, чтобы обеспечить достаточный прогрев тиратрона при первом его включении.

После замыкания переключателя $П_1$ напряжение будет подано на накал тиратрона $Л_1$ (цепь накала тиратрона $Л_1$ для упрощения схемы на фиг. 38 не показана). Одновременно напряжение поступит непосредственно на накал лампы увеличителя $Л_2$, а также в цепь зарядки конденсатора C_2. Как только напряжение заряда конденсатора C_2 достигнет величины $U_з$ — потенциала зажигания неоновой лампочки $Л_4$, последняя вспыхнет и создаст на управляющей сетке тиратрона $Л_1$ положительное напряжение смещения, определяемое величиной падения напряжения на R_{14}. Это напряжение обеспечивает зажигание тиратрона.

Возникший в анодной цепи тиратрона $Л_1$ ток пройдет через обмотку электромагнитного реле P, намагнитит его сердечник, вследствие чего последний притянет якорь и замкнет контакты K_1 и K_2. Замыкание контактов K_1 вызовет закорачивание тиратрона $Л_1$ и он погаснет. Тем не менее якорь реле останется притянутым к сердечнику, так как, несмотря на потухание тиратрона, ток теперь будет поступать в обмотку реле непосредственно через кнопку $Кн$ (всегда замкнутую в ненажатом состоянии) и через замкнутые контакты K_1. Замыкание контактов K_2 приведет к разряду конденсатора C_2 через сопротивление R_{13}. Лампа увеличителя $Л_2$ при этом окажется выключенной.

Включенный таким способом прибор можно считать подготовленным к работе. Теперь с помощью его оказывается возможным включать лампу $Л_2$ на любую по длительности выдержку времени, определяемую положением ручек грубой и точной регулировки экспозиции. Это осуществляется нажатием хотя бы на мгновение кнопки $Кн$, в результате чего цепь обмотки реле разорвется, сердечник размагнитится и его якорь освободится, а следовательно, разомкнутся контакты K_1 и K_2 и включится лампа $Л_2$. Несмотря на то, что кнопка $Кн$ после этого будет снова замкнута (отжата), но так как контакты K_1 будут оставаться разомкнутыми, то реле не сработает до тех пор, пока не закончится процесс зарядки конденсатора C_2. К аноду тиратрона в это время будет приложено напряжение, равное U, но зажигания не наступит, так как на его сетке будет при этом действовать большой отрицательный

потенциал, получающийся за счет постоянного напряжения, введенного в цепь сетка—катод (на фиг. 38 — батарея в цепи катода).

Как только закончится начавшийся с размыканием контактов K_2 заряд конденсатора C_2, вспыхнет неоновая лампочка $Л_4$ и повторится уже рассмотренный выше процесс подготовки прибора к работе, т. е. с зажиганием $Л_4$ на сетке $Л_1$ появится большой положительный потенциал, поступающий с сопротивления R_{14}. В результате этого тиратрон $Л_1$ зажжется. Благодаря тому что кнопка *Кн* замкнута, тиратрон сейчас же после срабатывания реле гаснет. Однако сердечник реле за это время успевает притянуть якорь, замкнуть контакты K_1 и K_2 и выключить лампу $Л_2$ и этим самым ограничить длительность экспозиции.

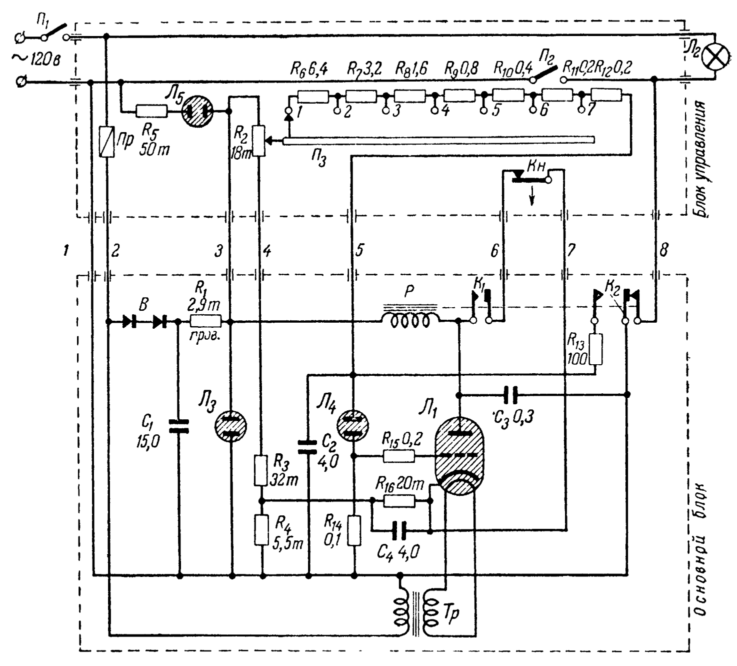
Следует подчеркнуть, что срабатывание реле в нужное время в конце экспозиции не зависит от положения кнопки *Кн* к моменту срабатывания. Это обстоятельство очень важно для получения малых экспозиций, когда к моменту окончания экспонирования пользующийся прибором фотолюбитель или фотолаборант не успел еще отпустить кнопку *Кн*. Кроме того, это дает возможность легко применить прибор без какой-либо его переделки для работы с печатным станком.

Схема прибора

Принципиальная схема прибора изображена на фиг. 39. В ней сохранены те же обозначения деталей, что и в рассмотренной выше упрощенной схеме, а также указаны их основные данные.

Ограниченные пунктиром части схемы представляют собой два блока, из которых состоит прибор, а именно: основной блок и блок управления. Полная схема прибора, по которой следует его монтировать, несколько отличается от упрощенной схемы. Здесь питание лампы $Л_2$ осуществляется не от батареи, а от сети переменного тока, накал тиратрона $Л_1$ (ТГ2-0,1/0,1) также питается от сети, но через понижающий трансформатор. Вся остальная часть схемы является нагрузкой бестрансформаторного селенового выпрямителя. Последний состоит из селенового столбика, конденсатора фильтра C_1, неонового стабилизатора $Л_3$ (СГЗС) и его нагрузочного сопротивления R_1. Вместо батареи, предназначенной для надежного запирания тиратрона $Л_1$ и включенной в его катод, в цепь делителя напряжения R_2 и R_3 со стороны его отрицательного полюса

введено добавочное сопротивление R_4. Отрицательный полюс напряжения, выделяющегося на этом сопротивлении, подсоединен к сетке тиратрона последовательно с автоматически действующим отрицательным напряжением смещения, снимаемым с сопротивления R_{16} во время прохождения анодного тока через этот тиратрон ($Л_1$).



Фиг. 39. Принципиальная схема автоматического экспонометра.

Дополнительными деталями, входящими в блок управления, являются: неоновая лампочка $Л_5$, выполняющая роль индикатора включения выключателя $П_1$, ее добавочное сопротивление R_5 и выключатель $П_2$. В остальном схемы фиг. 38 и 39 совершенно одинаковы.

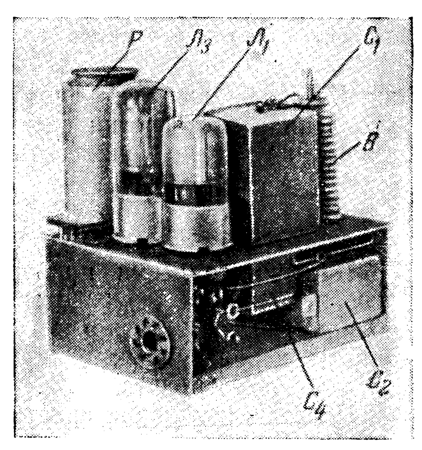
Конструкция прибора

Основной блок прибора смонтирован на шасси размерами 125 × 106 × 55 *мм* (фиг. 40). Шасси помещается в деревянном ящике размерами 120 × 140 × 170 *мм*. В ящике сверху и снизу сделаны отверстия для воздушного охлаждения прибора.

Блок управления прибора смонтирован на отдельной панели и помещен на проекционной доске увеличителя (фиг. 36) или сбоку печатного станка (фиг. 37).

Шкалы на блоке управления нанесены белой краской на черном фоне. Это сделано для того, чтобы их хорошо было видно при красном свете.

Блок управления соединяется с основным блоком при помощи восьмижильного соединительного кабеля, имеющего на своих концах фишки (цоколи от восьмиштырьковых радиоламп).



Фиг. 40. Вид на шасси основного блока экспонометра.

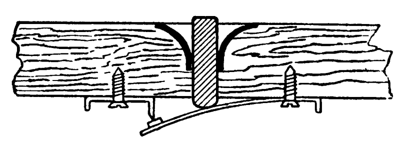
Когда не пользуются автоматическим экспонометром, основной блок отделяют от блока управления выключением фишки. Увеличителем в этом случае пользуются как обычно, т. е. соединяют прибор с сетью, замыкают выключатели $П_1$ и $П_2$ и, таким образом, включают лампу $Л_2$ на произвольное время. Выключатель $П_2$ действует и при невыключенном основном блоке (но обязательно при замкнутом выключателе $П_1$). Им пользуются во всех случаях, когда необходимо включить лампу $Л_2$ на продолжительное время, например в увеличителе при наводке на резкость, а в печатном станке — для предварительного просмотра негативов.

Кнопка *Кн* для удобства управления вынесена на ближайший угол проекционной доски увеличителя и утоплена в ней.

В случае, когда возникает необходимость работы с экспонометром на печатном станке, к установленному на нем самостоятельному блоку управления (фиг. 37) присоединяют кабелем общий с увеличителем основной блок.

В печатных станках обычно с помощью крышки одновременно прижимаются лист фотобумаги к негативу и кнопка для включения лампы накаливания, причем эта кнопка остается нажатой до конца экспонирования.

Приспосабливая такой печатный станок для работы с прибором, его кнопку следует заменить или переделать, так как для автоматического экспонирования кнопка печатного станка должна быть включена в схему прибора взамен кнопки *Кн*, а следовательно, она должна работать при нажатии на размыкание.



Фиг. 41. Устройство кнопки для включения экспонометра.

После такой переделки печатного станка при открытой его крышке *Кн* будет замкнута, а при закрытой—разомкнута.

Простая конструкция кнопки *Кн* изображена на фиг. 41. Такая почти полностью утопленная в отверстии доски кнопка позволяет при экспонировании плотно прижимать фотобумагу к негативу.

Детали прибора

При изготовлении прибора основное внимание уделялось надежности его работы и постоянству характеристик во времени. Этим условиям был подчинен выбор режимов работы используемых в нем электровакуумных приборов, а также подбор деталей.

Постоянство характеристик прибора будет обеспечено при условии продолжительной службы стабилизатора $Л_3$ (типа СГЗС) и неоновой лампочки $Л_4$. С этой целью ток стабилизатора подобран возможно малым. В установленном режиме он не перегревается, вследствие чего срок его службы значительно удлиняется. В очень легком режиме, и к тому же кратковременном, работает и неоновая лампочка $Л_4$, ее напряжение зажигания порядка 60 *в*, а гаснет она при 45 *в*.

К тиратрону не предъявляется особых требований, так как от него не зависят параметры прибора. В схеме может быть применен тиратрон почти любого типа (за исключением ртутнонаполненных). Автор одинаково успешно применял в приборе тиратроны типов ТГ2-0,1/0,1 и ТГ-0,1/1,3. Максимальный анодный ток тиратрона в данной конструкции прибора примерно равен 10 *ма*.

Для устойчивой работы экспонометра большое значение имеет постоянство сопротивлений R_2, R_3 и R_4 все они должны быть высокостабильными, лучше проволочными, несмотря на малую рассеиваемую мощность.

Трансформатор *Тр* имеет сердечник из пластин типа Ш-19. Сечение его керна 8 *см*². Первичная его обмотка состоит из 1 200 витков ПЭЛ 0,2, а вторичная из 68 витков ПЭЛ 0,6. Селеновый столбик выпрямителя *В* собран из 13 шайб диаметром 25 *мм*.

Реле однообмоточное с током срабатывания порядка 5—8 *ма*. Контакты должны выдерживать ток лампы накаливания увеличителя. Для надежности работы все лишние контакты реле следует соединить параллельно.

В случае использования реле с другим током срабатывания надо соответственно подобрать величину сопротивления R_{16}. Однако следует учесть, что применение реле с очень большой чувствительностью нежелательно, так как обмотки таких реле обычно обладают большой индуктивностью, в результате чего при размыкании обмотки в ней возникает большая э. д. с. токов размыкания.

Получение больших э. д. с. при размыкании приводит к нарушению четкой работы прибора из-за несвоевременных зажиганий тиратрона. Несколько ослабить действие э. д. с. токов размыкания на тиратрон можно увеличением емкости C_3. Однако при этом возрастает время срабатывания (отпускания якоря) реле, что нехорошо сказывается на точности отсчета малых экспозиций.

Все примененные в приборе конденсаторы бумажные Наиболее высококачественным из них, обладающим возможно малой утечкой, должен быть C_2.

Неоновая лампочка $Л_5$ может быть применена любого типа.

Величины остальных деталей указаны на схеме фиг. 39.

Описанное реле времени для фотографической печати было изготовлено и опробовано в условиях любительской фотолаборатории. Оно оказалось достаточно устойчивым в работе, позволило повысить точность отсчета экспозиции при фотографической печати, а следовательно, уверенно получать повторяемость результатов.

Процесс фотопечати при применении автоматического экспонометра значительно рационализируется. Ввиду того что у оператора отпадает необходимость в проведении отсчета, он имеет возможность, пока осуществляется экспозиция, своевременно подготовиться к началу экспонирования следующего отпечатка.

Применение прибора вполне себя оправдывает как в условиях фотолюбительской работы, так и в профессиональной фотографической практике.

ПРИБОР ДЛЯ ПРОСЛУШИВАНИЯ РАБОТЫ МАШИН

(Экспонат П. Н. ОЗЕРОВА, г. Рига)

Для четкой и безаварийной работы любой машины необходимо, чтобы все части ее механизма были точно подогнаны и прежде всего чтобы были сохранены допустимые пределы зазоров между осями и вращающимися на них или движущимися деталями. При увеличении этих зазоров в механизме появляются стуки и шумы, свидетельствующие о ненормальной работе машины. Ненормальная работа машины может привести к преждевременному износу ее деталей и как следствие к аварии.

Все эти стуки и шумы, возникающие в неисправно работающем механизме, обычно обнаруживаются и изучаются прослушиванием их на слух.

В цехах заводов, на ремонтных базах и в гаражах часто прослушивают работу двигателей внутреннего сгорания и других машин весьма примитивным способом, например, с помощью металлического стержня с приваренной к нему шайбой, отвертки, зажатой в зубах, или в лучшем случае с помощью медицинского стетоскопа.

Все эти приспособления имеют тот недостаток, что воспроизводят все шумы и стуки с одинаковой громкостью, т. е. они не позволяют отфильтровать и выделить интересующий стук или шум машины.

Описываемый ниже прибор для прослушивания работы машин является более совершенным, так как примененный в нем регулятор громкости, выполняющий одновременно роль своеобразного фильтра, способствует выделению интересующих нас стуков и шумов.

Прибор конструктивно прост, недорог и удобен в эксплуатации.

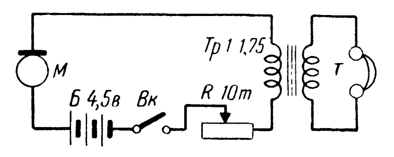
Принцип действия прибора

Экспериментально установлено, что угольный микрофон, так называемый капсюль, весьма чувствителен к стукам и шумам, воздействующим на его мембрану непосредственно через корпус. Наибольшей чувствительностью микрофон обладает при горизонтальном расположении его мембраны, когда мембрана находится под угольным порошком.

В основу принципа действия прибора положена схема обычного телефона (фиг. 42).

В качестве передатчика использован обыкновенный капсюль *М* угольного микрофона от микротелефонной трубки.

При соприкосновении микрофона (или жестко связанной с ним иглы) с корпусом работающего механизма колебания последнего воздействуют на мембрану микрофона. В результате этого мембрана начинает совершать колебания, вызывающие изменение сопротивления угольного порошка, а следовательно, и тока в цепи микрофона.



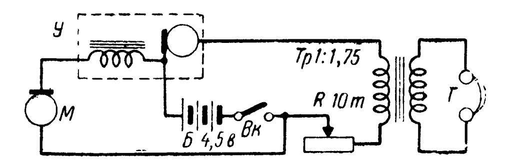
Фиг. 42. Принципиальная схема прибора для прослушивания работы машин.

Таким образом, во вторичной обмотке трансформатора *Тр* при указанных условиях будет индуктироваться переменный ток звуковой частоты. Под действием этого тока, проходящего через обмотки катушек телефона *Т*, мембрана последнего начнет колебаться с соответствующей частотой, и поэтому в телефоне будут слышны звуки (шумы).

Включенное в цепь первичной обмотки трансформатора переменное сопротивление *R* служит регулятором громкости. Кроме того, регулируя громкость, оказывается возможным получить более четкую слышимость того или иного шума или стука, относительно других слышимых шумов и стуков. Это способствует более точному определению места неисправности в механизме.


Фиг. 43. Общий вид прибора для прослушивания работы машин.

Прибором, собранным по схеме фиг. 42, внешний вид которого показан на фиг. 43. можно прослушивать работу двигателей внутреннего сгорания, паровых машин, станков по обработке металлов, подшипников электродвигателей и т. д. При необходимости повысить его чувствительность (что может быть желательным при прослушивании механизмов с весьма слабыми стуками и шорохами или находящихся на некотором расстоянии от прибора) в схему добавляется угольный усилитель (можно применить



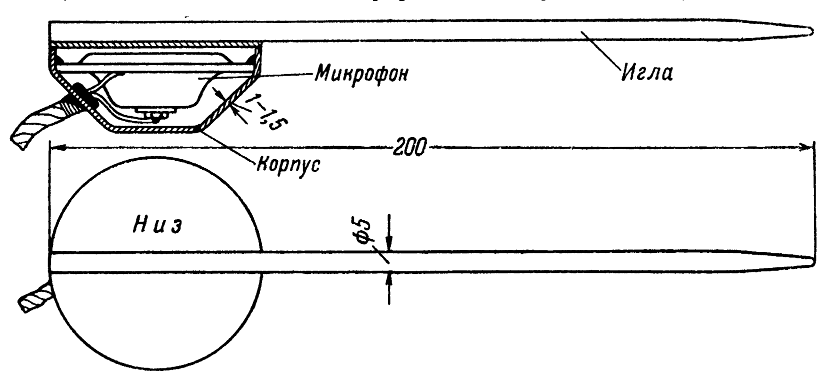
Фиг. 44. Принципиальная схема чувствительного прибора для прослушивания работы машин с угольным усилителем *У*.

угольный усилитель *У* от прибора для тугоухих) и тогда прибор собирается по схеме, изображенной на фиг. 44.

Конструкция

Для сборки прибора по схеме фиг. 42 нужны следующие заводские детали.

Капсюль телефонного микрофона МБ или ЦБ (лучше ЦБ, имеющий большее внутреннее сопротивление).



Фиг. 45. Крепление капсюля угольного микрофона в металлическом корпусе, снабженном иглой.

Высокоомные телефонные трубки желательно иметь с мягкими резиновыми наушниками, которые плотно облегают уши и не пропускают внешних звуков.

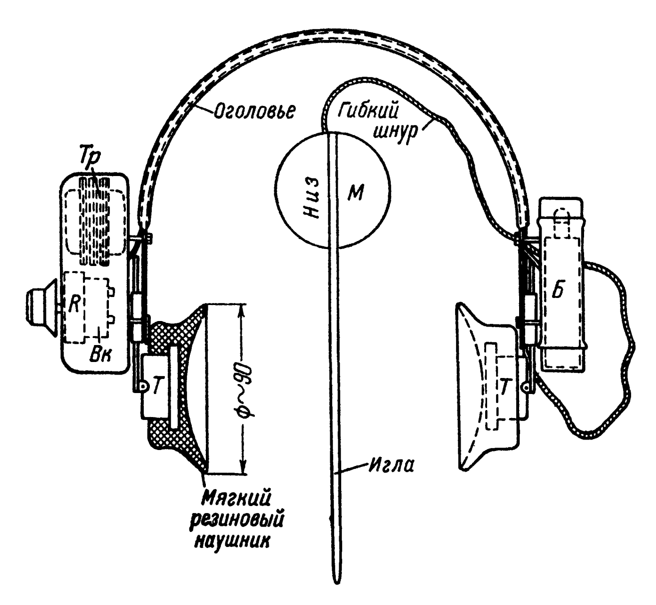
Малогабаритный трансформатор с коэффициентом трансформации 1 : 1,75.

Переменное сопротивление величиной 10 000—15 000 *ом* с выключателем.

Батарейка от карманного фонаря.

Футляры для микрофона и батарейки, а также иглу можно изготовить самому.

Капсюль угольного телефонного микрофона жестко укрепляется (припаивается в $3 \div 4$ точках) в металлическом корпусе (фиг. 45), сделанном из латуни или мягкой стали толщиной $1 \div 1{,}5$ *мм*.



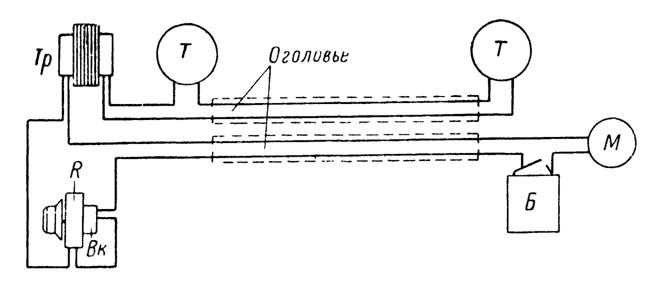
Фиг. 46. Расположение деталей в приборе для прослушивания работы машин.

Сверху корпус закрывается крышкой, к которой жестко присоединена игла, сделанная из стального или медного стержня длиной 200 *мм*, диаметром $4 \div 5$ *мм*. Эту крышку нужно тщательно припаять к корпусу микрофона.

От микрофона гибкий двухжильный шнур (используется шнур наушников) подводится к телефонной трубке правого уха (фиг. 46), около которой, тут же на оголовьи, крепится футляр для батарейки *Б* от карманного фонаря. Его можно сделать из жести, но лучше использовать футляр от карманного фонаря.

На оголовьи же, возле второй телефонной трубки (левого уха), крепится другой футляр, внутри которого помещаются трансформатор и переменное сопротивление. Этот фут-

ляр делается из жести или алюминия соответственно габаритам трансформатора и переменного сопротивления.



Фиг. 47. Монтажная схема соединений деталей прибора для прослушивания работы машин.

Монтажные провода прокладываются по верхней поверхности оголовья, которое затем обшивается кожей или плотной материей.

Монтажная схема прибора показана на фиг. 47.

Работа с прибором

Телефонные трубки одеваются на голову так, чтобы ручка включения питания и регулятора громкости находилась у левого уха.

В правую руку берется микрофон, иглой или корпусом которого касаются прослушиваемого места механизма. Микрофон нужно держать горизонтально, и его мембрана должна быть обращена вниз. Чтобы не ошибиться, на крышке корпуса надо сделать надпись «*Низ*». Дальше, вращением ручки регулятора громкости устанавливается наиболее четкая слышимость интересующего нас стука или шума. Затем постепенным перемещением иглы по корпусу испытываемого механизма по наиболее громкой слышимости исследуемого стука или шума находится место его возникновения.

Практика, а также знание кинематики механизма помогают безошибочно определить деталь, нарушающую его нормальную работу.

Цена 2 руб.